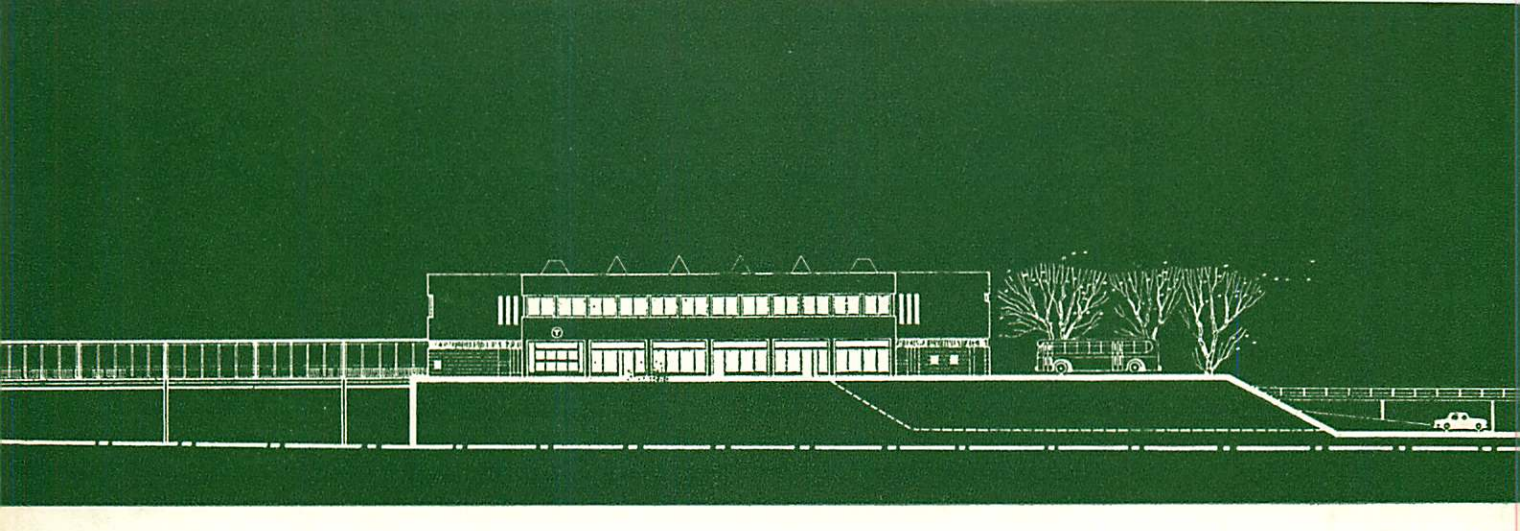


STOCKHOLMS TUNNELBANOR 1964
EN TEKNISK BESKRIVNING

STOCKHOLMS TUNNELBANOR 1964

EN TEKNISK BESKRIVNING

SVR:s Förlags AB, Stockholm

Kristianstads Länstryckeri, Kristianstad. 1964

Förord

Då T-banans centrala sträcka Slussen—Hötorget öppnades för trafik i november 1957 utgav Stockholms Stads gatunämnd och Aktiebolaget Stockholms Spårvägar gemensamt en skrift betitlad Teknisk beskrivning av Stockholms tunnelbana. Den visade sig vara högst användbar och slutsåldes snabbt. Gatunämnden och spårvägsbolaget har därför beslutat att utge en ny teknisk skrift om Stockholms tunnelbanor i samband med att T-bana 2 mellan Stockholms centrum och dess sydvästra ytterområden invigs.

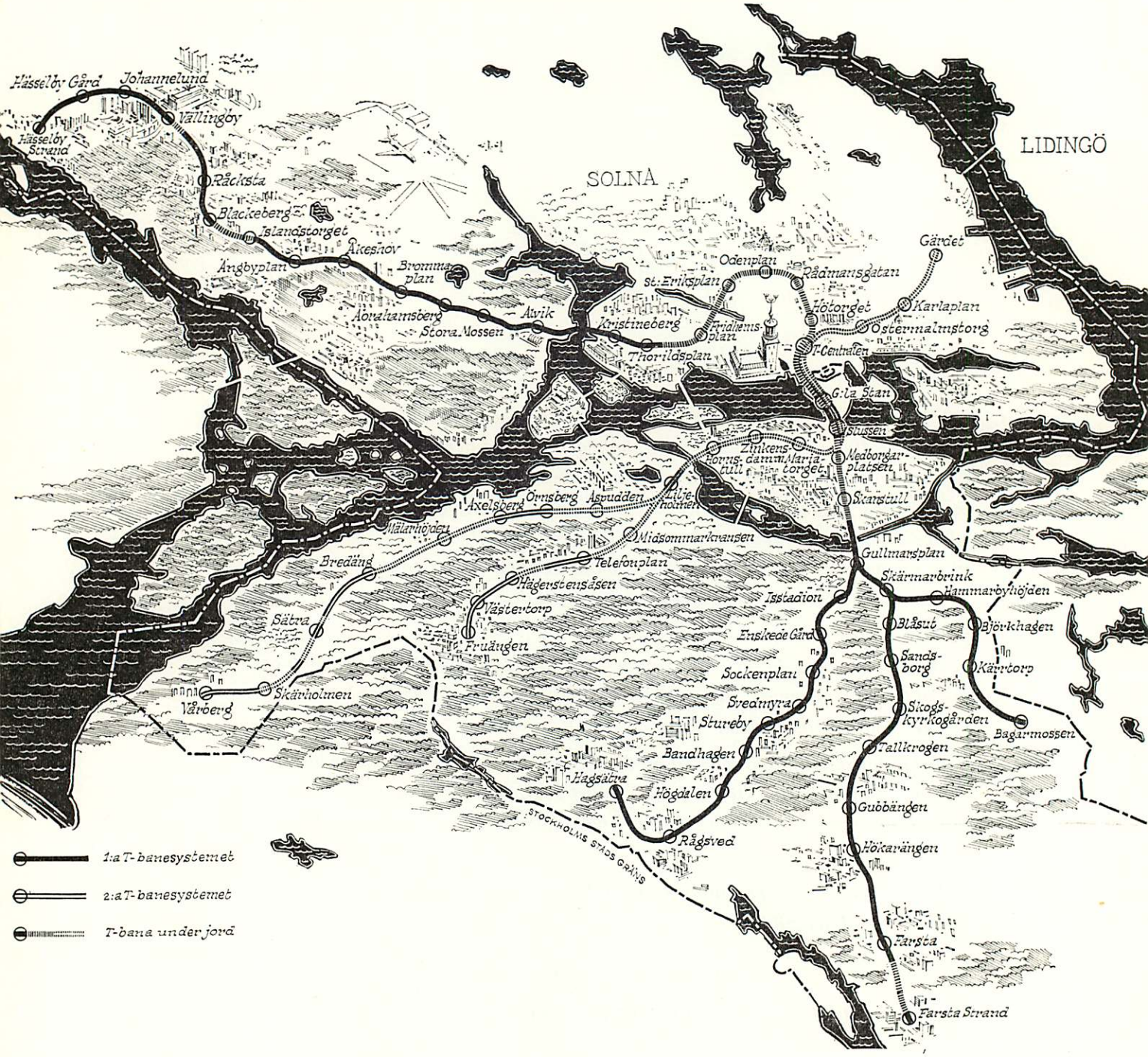
Denna tekniska beskrivning avser att belysa Stockholms tunnelbanors projektering, byggande, ekonomi och driftfunktion med särskild vikt lagd vid det andra bansystemet.

Redaktionskommittén har utgjorts av gatudirektören och spårvägsbolagets verkställande direktör. För innehållet svarar främst tjänstemän i gatukontoret och spårvägsbolaget. Redigeringen har ombesörjts av SVR:s Förlags AB.

I samband med invigningen av T-bana 2 utges även bildberättelsen T-banan i ord och bild.

Stockholm den 1 april 1964

FREDRIK SCHÜTZ HELGE BERGLUND HANS VON HELAND


Hässelby Gård
Johannelund
Vällingby
Hässelby Strand
Råcksta
Blackeberg
Islandstorget
Åkeshov
Ängbyplan
Brommaplan
Abrahamsberg
Stora Mossen
Alvik
Kristineberg
Fridhemsplan
Thorildsplan
St. Eriksplan
Odenplan
Rådmansgatan
Gärdet
Hötorget
Karlaplan
Östermalmstorg
T-Centralen
Gamla Stan
Slussen
Medborgarplatsen
Skanstull
Zinkensdamm
Hornstull
Mariatorget
Liljeholmen
Aspudden
Örnsberg
Axelsberg
Mälarhöjden
Midsommarkransen
Telefonplan
Gullmarsplan
Skärmarbrink
Hammarbyhöjden
Bredäng
Hägerstensåsen
Västertorp
Fruängen
Sätra
Skärholmen
Vårberg
Isstadion
Enskede Gård
Blåsut
Björkhagen
Sandsborg
Kärrtorp
Sockenplan
Svedmyra
Sturebyby
Skogskyrkogården
Bagarmossen
Tallkrogen
Bandhagen
Hagsätra
Högdalen
Gubbängen
Rågsved
Hökarängen
Farsta
Farsta Strand
SOLNA
LIDINGÖ
STOCKHOLMS STÄDS GRÄNS
1:a T-banesystemet
2:a T-banesystemet
T-bana under jord

Kap 1 STRÄCKNING, KAPACITET OCH TRAFIKUNDERLAG

När västra stambanans första delsträcka började trafikeras 1860 fanns en station för persontrafik vid Liljeholmen. På 1910-talet drogs spårvägslinjer ut från Liljeholmen till Tellusborg, till Midsommarkransen och förbi Aspudden till Hägerstens allé. Med sin täta trafik bidrog dessa linjer under ett halvt sekel till det sydvästra områdets utveckling och kompletterades härvid dels av en Gröndalslinje — som en tid trafikerades med trådbuss — dels av ett finförgrenat busslinjenät.

Detta system av spårvägs- och busslinjer ersätts 1964 av en tvågrenad tunnelbana med i huvudsak samma sträckning i ytterstaden som de första spårvägslinjerna jämte ett nytt busslinjenät som ansluter till omstigningsstationer på tunnelbanan. Efter en utredning i generalplaneberedningens regi fattade stadsfullmäktige det avgörande beslutet i juni 1956. De tre huvudskälen för beslutet att bygga tunnelbanan Östermalmstorg—Fruängen resp. Sätra var att denna bana skulle medföra väsentligt förkortade restider för stora delar av befolkningen i Brännkyrka, att den skulle gynnsamt påverka framkomligheten i innerstaden och vidare utgöra en förutsättning för att stora obebyggda områden skulle kunna fullt exploateras. Förkortade restider och förbättrad framkomlighet var även huvudmotiven för beslutet 18 juni 1962 att snarast möjligt bygga ut banan från Östermalmstorg 2 km mot nordost till Gärdeshöjden. När Skärholmen och delar av Vårby inkorporerades, var förutsättningen att det planerade stora bostadsområdet skulle få en snabb och kapacitetsstark trafikförsörjning genom Sätrabanans förlängning mot sydväst.

Vid såväl det ursprungliga beslutet som de två förlängningsbesluten var de avgörande skälen sålunda andra än rent ekonomiska. Anläggningskostnaderna hade endast överslagsvis kunnat beräknas men utredningarna tydde på att driftskostnaderna skulle bli så mycket lägre än för motsvarande spårvägs- och busstrafik, att skillnaden kunde täcka åtminstone kostnaderna för banöverbyggnad, stationsinredning och vagnar. På den först beslutade sträckan ansågs besparingar därutöver möjliga, men något försök att bedöma det ekonomiska värdet av trafikanternas tidsvinster eller av gatuledernas avlastning gjordes härvid ej.

Den valda sträckningen kom att i stora drag sammanfalla med den i 1952 års generalplan för Stockholm skisserade. Men andra möjligheter prövades — även en bana utan förgrening — och i några viktiga punkter gick man ifrån de tidigare planerna. Sedan västra stambanan flyttats från sin inledningsvis nämnda sträckning via Liljeholmen, erbjöd den outnyttjade banvallen på Södermalm utrymme för en tunnelbana, som skulle varit förhållandevis enkel att bygga. Trots betydande merkostnader ansågs det emellertid år 1956 motiverat att välja en sträckning som skulle tillgodose den täta bebyggelsen i Högalid med två stationer under Brännkyrkagatan. En station söder om Mariatorget ingick i de tidigare planerna.

I stället för en sträckning i Hamngatan, där grundförhållandena visade sig mycket svåra, valdes en något rakare linjeföring direkt mot Östermalmstorg utan mellanstation. Ett djupläge med bergtäckning var förutsättningen för att denna linjeföring skulle kunna förverkligas — liksom den nämnda på Södermalm — utan orimligt omfattande husrivningar. Man hade dock inte från början tänkt sig att behöva lägga den första stationen på Östermalm fullt så djupt som den nu ligger, med plattformen 37 m under Östermalmstorg. Uppgångarnas läge är emellertid gynnsamt; man når dels Birger Jarlsgatans båda sidor nära Stureplan, dels Östermalmstorg och de gator som passerar eller utgår från torget. Nästa station, Karlaplan, får likaså sina båda uppgångar vid viktiga trafikstråk där busslinjer kan anknyta. Gär-

deshöjden, som tillsvidare blir ändstation, betjänar med sin norra uppgång nya kontorskvarter och i övrigt stora bostadsområden.

Eftersom det från början stod klart att den andra banan skulle följa den första mellan Slussen och T-Centralen, där stora förberedande arbeten utförts, kom största tåglängden att begränsas till 140 m av de tre gemensamma, delvis färdigbyggda stationerna. Vagnbredden kunde av samma skäl — och med tanke på att gemensam verkstad skulle utnyttjas — endast obetydligt avvika från den för första banan gällande. Det fanns heller inga starka skäl för avvikelser, då det beräknade trafikunderlaget låg under 200 000 invånare inom det direkt och med anslutande busslinjer betjänade sydvästra trafikområdet utanför Hornstull.

Vid banans förlängning till Vårberg räknar man numera med högst 160 000 invånare innanför stadsgränsen i det nämnda området, av vilka ca 50 000 bor vid anslutningslinjer. Härtill kan eventuellt komma anslutningstrafik från längre ut belägna områden. Skulle banans nordöstra del få anslutande spårvägs- och busstrafik från Lidingö och en eventuell nordlig grenlinje med motsvarande trafik från de norra förorterna, kan banans kapacitet bli helt utnyttjad på den centrala sträckan. Inemot 40 000 platser per timme skulle där behövas i vardera riktningen under högtrafiktid, om banan i framtiden kommer att betjäna drygt 200 000 förortsbor och minst lika många stockholmare i ytter- och innerstad. Man kan vänta sig att många förortsbor önskar infartsparkera vid lämpliga stationer. I 1960 års trafikledsplan anges infartsparkeringar vid alla framtida ändstationer och vid Liljeholmen, där man planerar 700 bilplatser.

Genom den bekväma omstigningen mellan de båda tunnelbanesystemen — i allmänhet går man tvärs över en gemensam plattform — blir arbetsplatserna utmed den ena banan lättare tillgängliga än förut från bostadsområden kring den andra. Med sina fyra huvudriktningar bildar banorna ett snabbt innerstadsnät som kan övertaga viktiga trafikuppgifter från ytlinjerna. En av förutsättningarna för de nämnda ekonomiska överslagskalkylerna var att ytlinjenätet härvid skulle kunna förenklas och drivas mer ekonomiskt. Det bör delvis kunna fungera som anslutningsnät till tunnelbanan; av stor betydelse blir då att hållplatser kan läggas så nära tunnelbanestationerna som möjligt även i innerstaden.

Vid bedömningen av en tunnelbanas effektivitet har man att ta hänsyn till kapaciteten och reshastigheten. Produkten av dessa två faktorer kan sägas utgöra ett effektivitetsmått vid jämförelse med andra trafikmedel. För ett spår på den centrala delen av Stockholms tunnelbana ger en kalkyl 40.000 platser/h×30 km/h = 1,2 milj. platskm/h². För en bussfil blir motsvarande värde ca 0,2 à 0,3 milj. platskm/h².

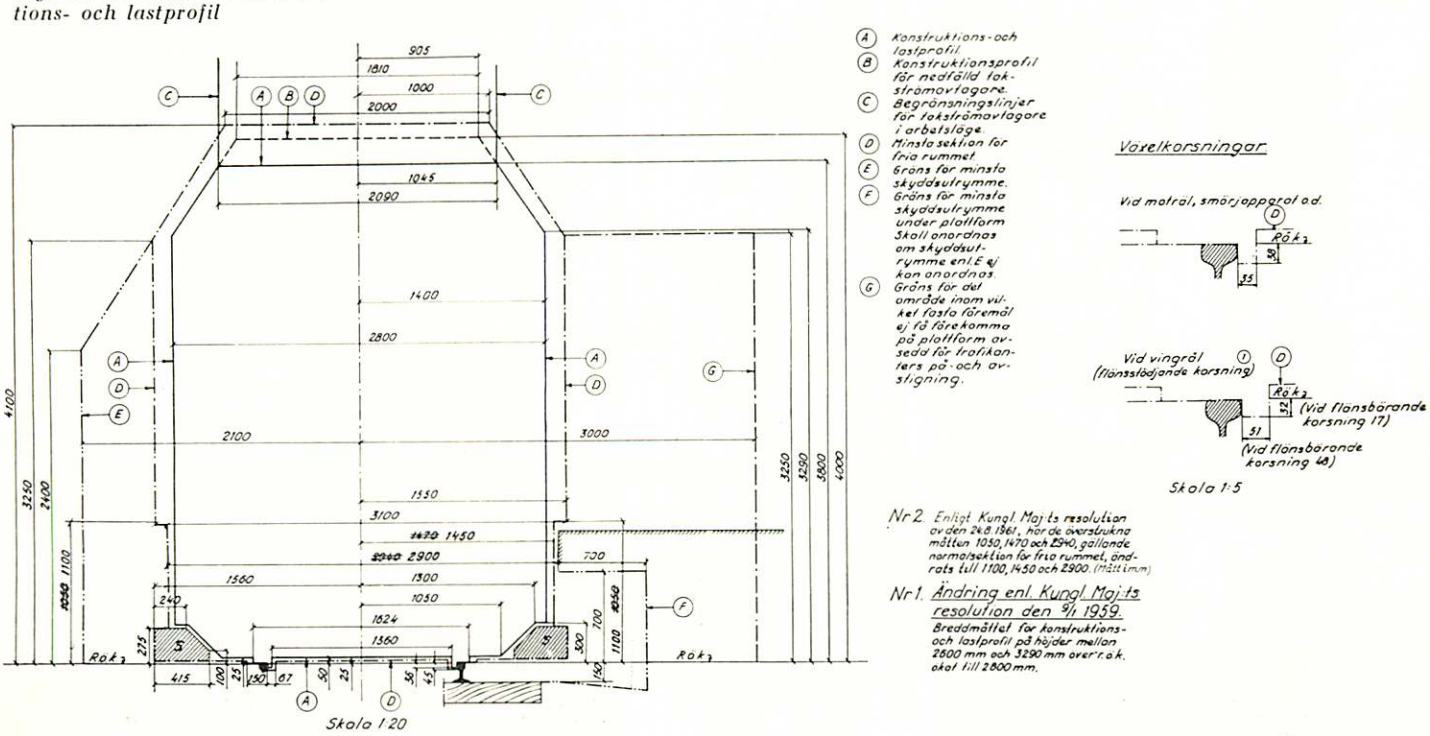
Kapaciteten är beroende av vagnstorleken, antalet vagnar i tågen och tågtätheten. Banans tvärsektion och därmed vagnbredden på det andra tunnelbanesystemet begränsas av att tre stationer är gemensamma för de båda bansystemen. Till grund för dimensioneringen av banans tvärsektion ligger sålunda för båda bansystemen den av Kungl. Maj:t år 1950 fastställda normalsektionen för fria rummet med konstruktions- och lastprofil samt skyddsutrymmen. Sektionen innehåller på ena sidan om varje spår ett skyddsutrymme, som ifråga om dubbelspår kan vara gemensamt för de båda spåren men i allmänhet förlagts på utsidan om vardera spåret, innebärande att den som befinner sig i skyddsutrymmet kan ta stöd mot tunnelvägg eller annan konstruktion, när tåget passerar. Normal tunnelbanebredd blir vid tillämpning av denna sektion 7,6 m vid ett spåravstånd av 3,2 m på rakspräcka. I breddmåttet 7,6 m är inräknat 0,15 m för kablar på vardera väggen. Konstruktions- och lastprofilen har undergått smärre förändringar vid projekteringen av det andra tunnelbanesystemet. Förändringarna omfattar ändring av breddmåtten på den övre delen av profilen. Därjämte har även normalsektionen för fria rummet ändrats beträffande vissa mått, som gör att avståndet mellan vagnsgolv och plattformskant något kan minskas. Ändringarna är av den storleksordningen att samma sektion kan gälla för båda bansystemen, vilket innebär att vagnar byggda efter den nya konstruktionsprofilen även kan trafikera bansystem 1.

Höjdmåttet i friarumssektionen har bestämts med hänsyn till att takströmavtagare skall kunna passera i nedfällt läge. Denna möjlighet har hittills inte utnyttjats, då all strömtillförsel sker med strömskena. Det har dock ansetts värdefullt att ha en viss marginal i höjdled, t. ex. om man måste lyfta en urspårad vagn.

Den efter nämnda ändringar gällande sektionen för fria rummet samt konstruktions- och lastprofilen framgår av fig. 2:1. Fig. 2:2, :3 och :4 visar de byggnadssektioner som tillämpats på öppna sträckor.

Även vagnlängden har bestämts med hänsyn till att vagnarna skall kunna trafikera båda ban-

Fig. 2:1. Normalsektion för fria rummet samt konstruktions- och lastprofil



systemen. Sålunda har för tunnelbanesystem 2 tillämpats vagnlängden 17,4 m över kopplens stötplan, d. v. s. samma längd som för system 1.

Beträffande antalet vagnar i tågen och därmed största tåglängden begränsas även denna av de tre stationer som är gemensamma för båda bansystemen till 140 m, d. v. s. 8 vagnar.

Den tredje kapacitetsbefrämjande faktorn är tågtätheten. För att uppnå en hög tågtäthet kräves hög acceleration och retardation samt att uppehållstiderna vid stationerna hålls nere. Dessa tre faktorer påverkar även reshastigheten, vilken vidare beror på stationsavstånden, banans läge i plan och profil och maximihastigheten.

Samtliga ovan nämnda begrepp kan sammanfattas under beteckningen teknisk standard för anläggningen. I nedanstående tabell ges en jämförelse över den tekniska standard som tillämpats för bansystem 1 och 2.

	System 1	*System 2*
Maximihastighet	80 km/tim	80 km/tim
Minimitågintervall utan restriktiv signalbild	90-110 sek (vid stationsuppehåll 30 sek)	90-110 sek
Maximal tåglängd	140 m	140 m
Maximal vagnbredd	2,8 m	2,8 m
Maximal acceleration	1,0 m/sek²	1,0 m/sek²
Medelretardation	1,1 m/sek²	1,1 m/sek²
Maximal lutning	1:25 = 40 ‰	
Normal plattformsbredd	6-10 m	6-10 m
Minimispåravstånd på raksträcka	3,15 m	3,15 m
Minimikurvradie, horisontalkurva	200 m	250 m
Minimikurvradie på station	300 m	400 m
Minimikurvradie vertikalkurva	1500 m	2000 m (ej växelpartier)
Spårvidd	1,435 m	1,435 m
Normal driftspänning	650 volt	650 volt

Till ovanstående sammanställning kan följande kommentarer göras.

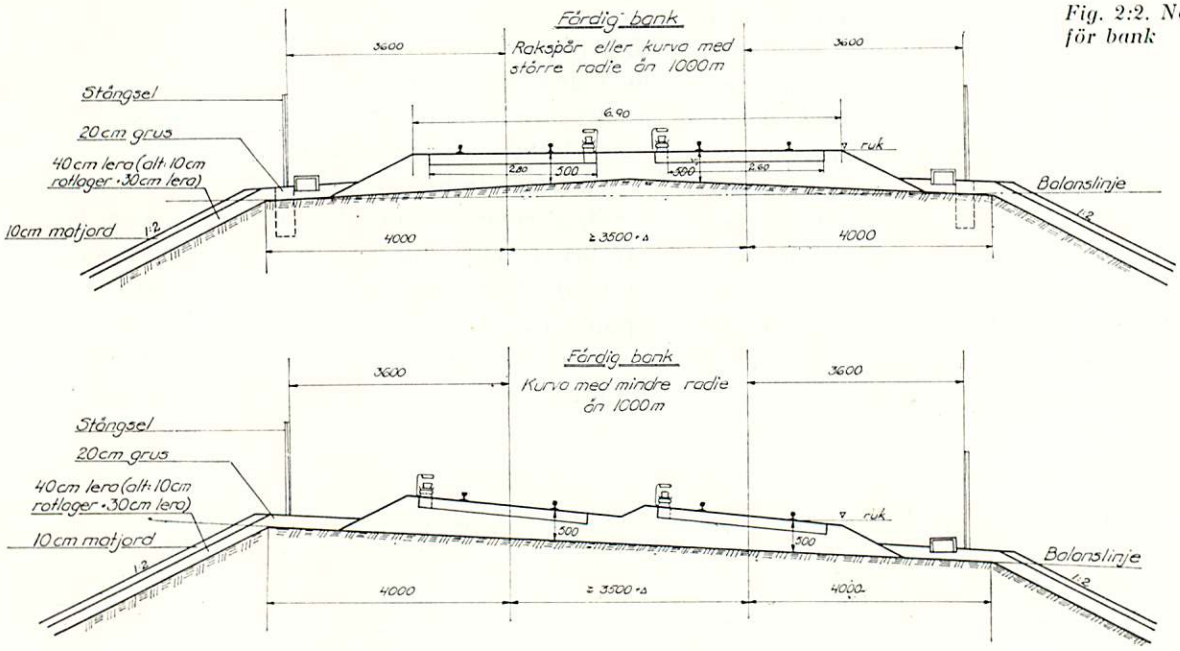


Fig. 2:2. Normalprofiler för bank

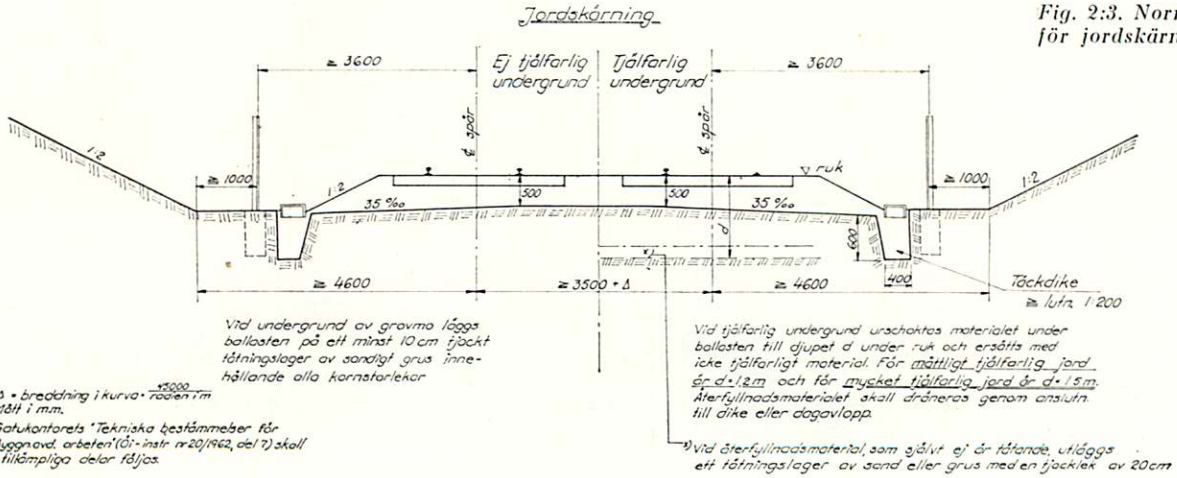


Fig. 2:3. Normalprofiler för jordskärning

Anm. Δ = breddning i kurva = 3000 / radien i m
Mått i mm.
Gatukontorets "Tekniska bestämmelser för Byggnadsarbeten" (Tö-instr nr 20/1962, del 7) skall i tillämpliga delar följas.

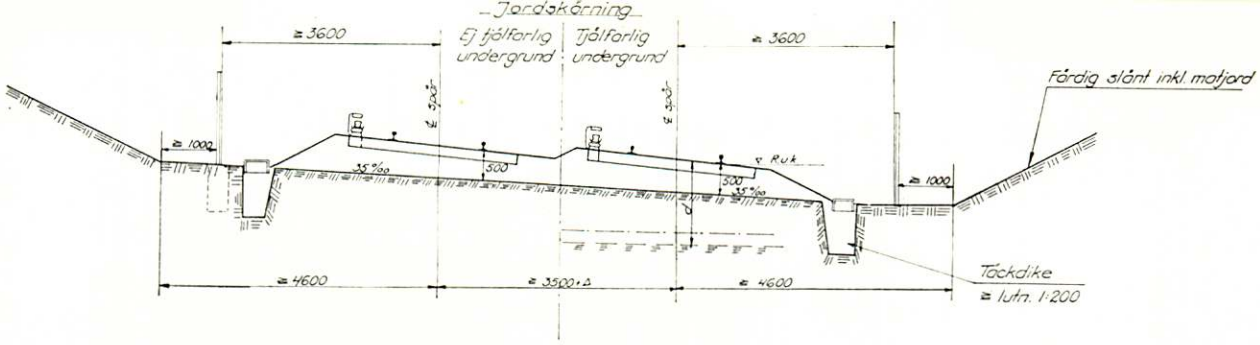
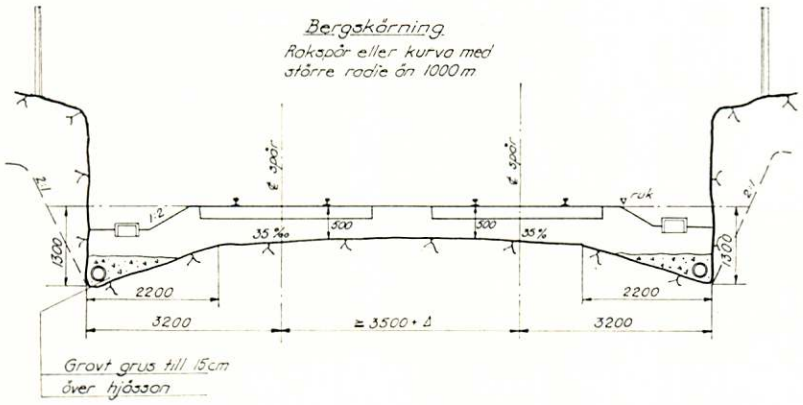
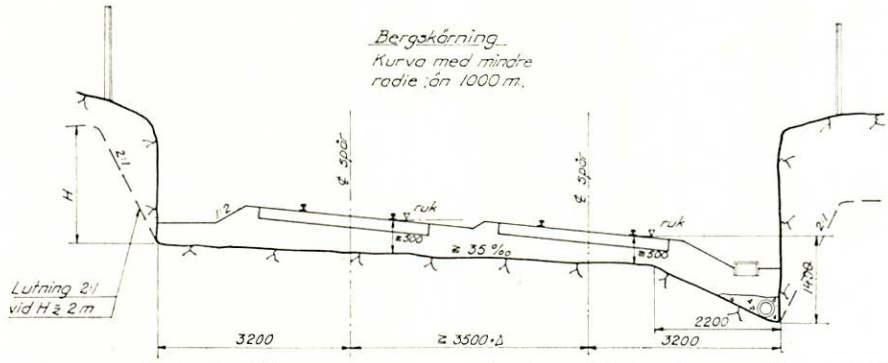


Fig. 2:4. Normalprofiler för bergskärning





De angivna normerna bör betraktas som en rekommendation och vägledning till projekteringsarbetet. Om en lösning måste väljas som ger en sämre standard än det normala gränsvärdet, bör i första hand ett värde sökas som ligger så nära dessa värden som möjligt. Allmänt kan sägas, att det från drift- och underhållssynpunkt är önskvärt att få största möjliga radier i plan- och lutningskurvor. Driftkostnaderna är beroende av stationernas höjdläge i förhållande till mellanliggande bansträckor, och lutningsstandarden måste bedömas med hänsyn till denna och andra faktorer från fall till fall.

En ökning utöver det normala gränsvärdet av spåravstånd och avstånd till tunnelvägg i spårtunnel enligt friarumssektionen är eftersträvansvärd men måste vägas mot ökade kostnader.

Beträffande kurvradier mellan stationer är det önskvärt att dessa hålls så stora som möjligt. En radie understigande 500 m kan orsaka hastighetsrestriktion, sämre tåggång och ökat banunderhåll. Eventuellt ökad anläggningskostnad för önskad kurvstandard bör i varje fall vägas mot ökade driftkostnader.

Kurva på station bör helst undvikas. För att få minsta möjliga gap mellan plattformskant och vagn bör i varje fall så stora radier som möjligt användas.

Beträffande radie i vertikalkurva bör även här största möjliga värde eftersträvas. Om vertikalkurva i undantagsfall blir nödvändig inom ett växelområde bör densamma i trafikspår ha minst 5000 m radie.

Vid flera av stationerna finns vändspår eller uppställningsspår, som är anordnade antingen mellan två plattformar eller placerade så att tågen stannar för avstigning, kör in på vändspåret och växlar körriktning för att sedan åter stanna vid plattformen för påstigning. Beträffande uppställningsspår som lutar mot stoppbock gäller att hastigheten på ett uppställt tåg, vilket kommit i rullning mot en glidbar stoppbock, ej får överstiga 15 km/tim. Detta innebär att lutningen på uppställningsspåret normalt ej får vara större än 5 ‰. Uppställningsspår, som lutar mot trafikspår, fordrar en säkerhetsväxel med glidbar stoppbock. Lutningen på ett dylikt uppställningsspår får heller ej vara större än att hastigheten hos ett tåg som kommit i rullning uppgår till högst 15 km/tim. när tåget träffar stoppbocken.

Mellan de båda trafikspåren förekommer övergångsväxlar, dels för tillfällig vändning av tåg, dels för att underlätta övergången till enkelspårskörning vid vissa banarbeten nattetid och under lågtrafiktid. Här föreligger en skillnad mellan de två bansystemen som innebär att det andra bansystemet utrustas med övergångsväxlar i betydligt större utsträckning än vad som hittills förekommit på det första systemet. Sålunda har på det andra bansystemet inlagts dubbla övergångsväxlar i princip mellan varannan station.

I syfte att nedbringa uppehållstiderna på stationerna anordnas stationsentréerna så att tågen får jämnast möjliga belastning, d. v. s. entréerna på en och samma bangren placeras så att en del ligger riktade mot innerstaden, en del mot ytterstaden och några närmare plattformsmitten.

Till begreppet teknisk standard för anläggningen kan även föras de åtgärder som vidtas för att göra trafikantvägarna till och från stationerna bekväma, däri inberäknat anordningar för att göra passage genom spärrlinjerna smidig och så litet tidskrävande som möjligt. Förbindelserna till och från stationerna är ofta försedda med rulltrappor, hissar, lutande gångramper eller andra anordningar syftande till att göra förbindelserna så snabba och bekväma som möjligt. En beskrivning av dessa anordningar återfinns i kapitlet om stationer. Passagen genom spärrlinjen kan underlättas genom automatförsäljning av biljetter utanför densamma vid stationer med hög trafikantbelastning.

SPÅRETS GEOMETRISKA FORM

De accelerationer som uppträder under en tågresa och som påverkar tågresenärens komfort är av tre slag. De horisontella i färdriktningen, vilka uppträder vid start och bromsning, är i allmänhet mindre kännbara, om de hålls inom rimliga gränser och inte varierar för hastigt.

De vertikala accelerationerna är i allmänhet av underordnad betydelse. Däremot kan de horisontella accelerationsändringarna vinkelrätt mot spåret, som uppträder vid övergång från rakspår till kurva och omvänt, förorsaka obehag, om de inte hålls så små som möjligt. För att nedbringa dessa accelerationskrafter inläggs övergångskurvor mellan rakspår och cirkulärkurva. Denna övergångskurva skall utformas så att man får så låg och konstant ändring av horisontalacceleration som möjligt genom övergångskurvan.

Övergångskurvan skall vara så beskaffad att krökningsradien i begynnelsepunkten är $= \infty$ och att krökningsradien i slutpunkten är lika med den cirkulära kurvans radie R. För konstant tåghastighet V och rätt valt värde på rälsförhöjningen skall resultanten av tyngdkraft och centrifugalkraft genom hela övergångskurvan teoretiskt ligga vinkelrätt mot rälsplanet. Detta innebär att övergångskurvans krökningsändring per längdenhet liksom centripetalaccelerationens ändring per tidsenhet skall vara konstant. Dessa villkor uppfylls av klotoiden, vilken tillämpas som standard övergångskurva vid såväl tunnelbanesystem 1 som 2.

Klotoidens ekvation kan i rätvinkliga koordinater skrivas i form av en serieutveckling där tangentvinkeln mot baslinjen ingår som parameter. Om man i denna serieutveckling endast medtar första termen motsvarar klotoidens ekvation den vanligen använda kubiska parabeln. Det har emellertid visat sig att användandet av denna senare kurva innebär för stor approximation, särskilt för tunnelbanans innerstadsdel, varför man där har använt de exaktare formlerna.[1])

Den *teoretiska* rälsförhöjningen beräknas enligt formeln $F_h = \frac{11{,}8\ V^2}{R}$, där F_h är rälsförhöjningen i millimeter, V hastigheten i km/h och R den cirkulära kurvans radie i m. Den rälsförhöjning man erhåller vid användning av denna formel är i allmänhet för stor för praktiskt bruk, men formeln ger det erforderliga utrymmesbehovet i sektionen.

Den *i praktiken* använda rälsförhöjningen, beräknas så att en viss okompenserad sidoacceleration, $P\triangle$, erhålles, innebärande ett visst sidotryck på ytterrälen. Detta medför i sin tur lugnare tåggång genom kurvan. Den härvid använda formeln har följande utseende:

$$P_\triangle = \frac{V^2}{12{,}96\ R} - \frac{F_h}{102 \cdot S}$$

Här betyder $P_\triangle$ sidoacceleration, m/sek² (0,4—0,8 m/sek²)
V hastighet, km/tim
R kurvradie, m
F_h rälsförhöjning, mm
S avstånd mellan hjulens löpringar, m (vid normalspårvidd är S = 1,5 m)

Rälsförhöjningen utspetsas i regel rätlinjigt från 0 i rakspåret till fullt värde på övergångskurvans längd. Vid övergång mellan två S-kurvor har övergångskurvornas längd tilltagits så att korsande ramper kan inläggas. Önskvärt är givetvis att få så lång övergångskurva som möjligt. Man eftersträvar i regel en längd utgörande 1000 gånger rälsförhöjningen i cirkulära kurvan.

[1]) Ytterligare uppgifter om klotoidkurvan kan fås ur Tunnelbaneboken del 1 eller ur Klotoidentafeln av Pierre Krausch.

Kap 3 GEOLOGISK ÖVERSIKT

För en tunnelbana är markförhållandena av stor, i många fall avgörande betydelse för val av konstruktionstyp och arbetsmetoder. Därför lämnas här en kortfattad beskrivning av Stockholms geologiska formationer (fig. 3:1).

BERGARTER

Stockholms hittills utbyggda tunnelbanor har samtliga utförts i det s.k. urberget, som i de flesta fall består av bergarterna *granit* och *gnejs*.

Andra tunnelbanan, vars sträckning framgår

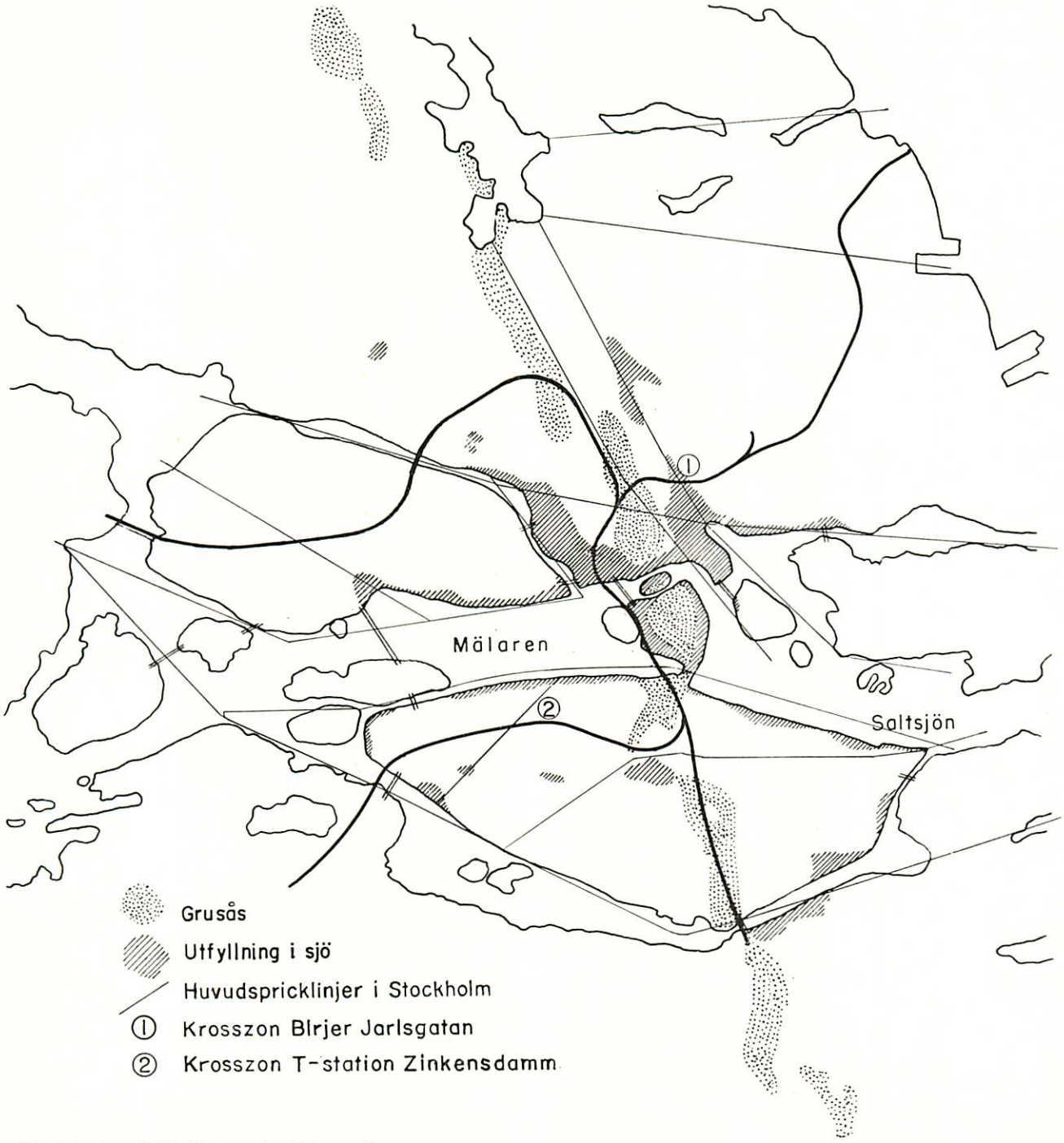


Fig. 3:1. Grundförhållanden invid tunnelbanan

av kartan över Stockholms tunnelbanenät på sid. 6 kommer praktiskt taget i hela sin längd att utsprängas i den för Stockholmstrakten vanliga grå gnejsen, som ofta har en slirig utbildning och vars skiffrighet sträcker sig i ungefär östvästlig riktning. Sidostupningen är oftast mycket brant, 70—90°, men även flackt liggande gnejsskivor har iakttagits i tunneln, framförallt på Norrmalm och Södermalm. Gnejsens grundmassa genomsättes ofta av ljusa sliror, bestående av mineralet kvarts eller en blandning av kvartsfältspat. Slirorna följer i regel gnejsighetens riktning medan de mera grovkorniga gångarna (pegmatit) skär över gnejsstrukturen.

Den grå gnejsens varierande uppbyggnad och struktur gör att bergartens utseende kan variera även i olika delar av samma skärning.

Förutom mer eller mindre granitiska partier (gnejsgranit) påträffas i gnejsen även massiv av en finkornig grå eller röd s.k. Stockholmsgranit. De finkorniga graniterna liksom även pegmatiterna uppvisar stundom skarp gräns mot gnejsen, stundom successiva övergångar.

I spårtunnlarna har man på flera platser i anslutning till rörelsezoner påträffat s.k. *mylonit*. Större sådana zoner finns i berggrunden kring Karlaplan, mellan Birger Jarls- och Biblioteksgatorna samt i anslutning till stationen Zinkensdamm och i sydväst kring Bredäng. Myloniten är en efter nedkrossning ånyo hopläkt bergart till färgen oftare röd än grå. Dess hållfasthet är mycket varierande varför myloniten ur tunnelsprängningssynpunkt är en föga önskvärd bergartstyp.

Längre fram i redogörelsen skall i korthet skildras några instruktiva exempel på "dåligt" berg i anslutning till arbeten i samband med mylonit eller spricklinjer.

Ett vanligt inslag i gnejsformationen är förutom svag impregnation av svavelkis även *grafit*, vilket mineral stundom i anslutning till svaghetszoner synes ansamlad till flera meter mäktiga grafitförande skölar. Detta gäller framförallt spårtunnlarna under Södermalm och i de sydvästra förorterna. Förutom grafit innehåller gnejsen såväl *kloritskölar* som *öppna slag* helt eller delvis fyllda med *lera* eller *sand*. De förstnämnda angivande läget av rörelsezoner i berggrunden.

Inlagringar av mörka basiska bergarter, s.k. *grönstenar* (amfiboliter) påträffas också i mer eller mindre förskiffrad utbildning i gnejsberggrunden. Dessa inlagringar uppträder dels som linser dels som S-formigt hopskrynklade band, vilka tillsammans med pegmatitränder ger åt gnejsytan dess karakteristiska sliriga utseende.

Förutom ovannämnda pegmatiter har man på flera ställen i spårtunnlarna påträffat 0,5—1 meter breda *diabasgångar*. Diabasen är en svart bergart, som trängt upp i sprickor i den äldre berggrunden. T.ex. vid Bredäng uppvisar diabasgångarna den för bergarten karakteristiska parallellepipediska förklyftningen. Förbandet till sidostenen har på grund av kontraktion blivit svagt, varför förstärkningsåtgärder ibland behövt vidtagas vid övertvärandet av kontaktzonen. Den öppna fogen har även i något fall varit starkt grundvattenförande och därför utgjort ett hinder för sprängningsarbetet.

FÖRKASTNINGS- och SPRICKLINJER

Jordskorpan har under årmiljoners lopp varit utsatt för påkänningar av olika slag, vilka bl.a. förorsakat kraftiga sprickbildningar i berggrunden. Ett tydligt samband kan spåras mellan bergarternas mineralogi och struktur å ena sidan och sprickbildningen å den andra sidan. Dessutom har en uppdelning av berggrunden skett varvid bildats stora bergblock. Utefter dylika begränsningslinjer (förkastningar) har uppstått mer eller mindre nedkrossade zoner av varierande bredd.

Vid bedömning av bergets hållfasthet är kännedom om berggrundsytans topografi mycket viktig emedan fördjupningar i berggrunden är betingade av det kända förhållandet att dessa ursprungligen anlagts i tektoniska svaghetszoner. Dessa har i vår tid frampreparerats av inlandsisen på grund av att bergmaterialet varit lätt eroderat. Vidare vet man att sprickfrekvensen på dessa platser är större och sprickorna mera ihållande och svårartade (lerfyllda) än normalt.

Redan vid planeringen av tunnelbanan visste man med ledning av tidigare utförda geologiska undersökningar, att i berggrunden nedskurna dalar är vanliga i Stockholmstrakten.

Läget av de mest framträdande dalbildningarna, såväl tidigare kända som de, vilka påvisats i samband med utförandet av andra tunnelbanan, finns inlagda på översiktskartan (fig. 3:1).

De följer som synes i stort sett två strykningsriktningar, nämligen nordväst-sydost och östväst. När man dessutom vet att sekundära sprickbildningar gärna uppträder vinkelrätt mot huvudriktningen, syns det klart att tunnelbanan på vissa platser måste skära dylika svaghetszoner i berggrunden. Den kartering som utförts har även visat att orienteringen av de mest framträdande spricksystemen i andra tunnelbanan överensstämmer med dalstråken. Erfarenheter

från bl.a. första tunnelbanan, som också övertvärat sprickzoner av förkastningstyp, har visat att bergarten i anslutning till dessa ofta är mycket sprickig, stundom uppkrossad även på 50—100 m avstånd från huvudspricklinjen.

I det ovan anförda har beskrivits de stora dragen i bergrörelserna. Vid bedömning av bergets hållfasthet får man dock icke bortse från de fakta, som kan utläsas ur de sprickutträden som kan ses på varje blottad bergyta. Det är först genom att systematiskt sammanställa alla tillgängliga data som man kan bilda sig en någorlunda representativ bild av bergförhållandena på det djup där tunnelarbetena skall utföras.

JORDARTER

Markytan utgörs till avsevärd del av berg eller morän. Mellan dessa, i regel relativt höga partier, finns lera, som i vissa fall har överlagrats av organiska jordarter. Frånsett torrskorpan har leran i stockholmstrakten normalt en kohesion av 1 à 2 ton/m^2.

Tvärs genom staden går som ett pärlband en serie åsformationer. Åsen följer exempelvis övre delen av Drottninggatan, gör sedan ett språng och fortsätter längs Malmskillnadsgatan. Kring åsarna är avsatt lera som har översvallats av sand, när vågorna till följd av landhöjningen fick tillfälle att angripa åstopparna. I åsarna får man vara beredd på att inlagringar av lera kan finnas, bl. a. s. k åsgropar. En, såvitt nu kan bedömas sammanhängande, mycket stor sådan har påträffats söder om Kungsgatan mellan Sveavägens förlängning och Malmskillnadsgatan.

Stora områden har under årens lopp blivit utfyllda, exempelvis området kring Nybroviken, området från Tegelbacken och upp mot Norra Bantorget samt stränderna kring Gamla stan. Utfyllningarna på sistnämnda ställe har visat aggressivitet särskilt mot järn, vartill torde ha bidragit bland annat aska som har tippats ut efter bränder samt exkrementer. Utfyllningar finns vidare kring Norr Mälarstrand och Söder Mälarstrand samt vid den gamla Fatburssjön, som var belägen mitt uppe på Södermalm.

I de västra förorterna är inslaget av lera mellan partierna av berg och morän i dagen ganska markerat. Dessutom karaktäriseras terrängen av det stora antalet ändmoräner, vilka kan ses som blockiga formationer i dagen eller påträffas under markytan vid schaktning. Organiska jordarter förekommer i obetydlig omfattning.

I de södra förorterna är lerinslaget något mindre, men svämsandsområdena kring åsen desto större. Likaså förekommer stora områden med organiska jordarter närmast markytan.

Lerlagrens mäktighet kan vara ganska avsevärd, och uppgår exempelvis i Örby till ca 25 m. Vid Tegelbacken finner man under utfyllningarna, som bland annat består av byggnadsrester och träspån från ett gammalt skeppsvarv, lera med upp till 15 m tjocklek. Under leran finns morän, vilken som fallet ofta är i stockholmstrakten, är mycket flytbenägen och dessutom blockbemängd.

Vid beräkning av tunnel- och viaduktkonstruktioner har från konstruktionsarbetets början år 1945 tillämpats de vid varje tidpunkt gällande statliga normerna, vilka beträffande belastningar fram till år 1950 kompletterats med de av Stockholms hamnstyrelse år 1945 utgivna "Beräkningsnormer för Stockholms stads broar". Förteckning över dessa normer m.m. jämte anvisningar om vilka belastningsfall som skall beaktas vid olika slag av konstruktioner finns från år 1958 sammanförda i en särskild skrift, "Beräkningsgrunder för konstruktioner utförda av Stockholms stads gatukontor", vilken godkänts av Kungl. väg- och vattenbyggnadsstyrelsen och skall hållas à jour med utvecklingen.

Av dessa "Beräkningsgrunder" framgår, att de statliga normerna i vissa fall något modifierats och kompletterats, huvudsakligen enligt nedanstående punkter:

a) *VOLYMVIKTER*

För fyllning i gata har antagits följande volymvikter:

från markytan 0,5 m nedåt	2,0	ton/m³
därunder intill grundvattenytan	1,8	„
under grundvattenytan	1,1	„

b) *TRAFIKLAST PÅ GATA*

För att förenkla de statiska beräkningarna, speciellt för pelardäck och liknande konstruktioner, har bestämmelsernas trafiklaster under vissa betingelser ersatts med en ekvivalentlast, som varierar med konstruktionens spännvidd och djup under markytan. Den låg före år 1951 mellan 1,2 och 2,0 ton/m² och därefter mellan 1,6 och 3,0 ton/m².

c) *BELASTNING FRÅN HUS*

Om noggrannare uppgifter ej kan erhållas, antages last från byggnad vara 1,0 ton/m² och våning. Vikt av källare och vind försummas. Huset antages grundlagt 2,0 m under angränsande gata.

d) *TRAFIKLAST PÅ KONSTRUKTION SOM UPPBÄR TUNNELBANETÅG*

Belastningsschema för de tågkombinationer, som kan antagas dimensionera konstruktionen, framgår av fig. 4:1, som också anger bromskraft och dynamiskt tillskott.

e) *JORDTRYCK*

Där en ramkonstruktion ligger inom 3 m avstånd från fast föremål (exempelvis husgrund) har som exceptionellt belastningsfall antagits, att en rörgrav kan upptagas till 6,0 m djup utan spontning, varför konstruktionen måste beräknas för ensidigt jordtryck (fig. 4:2).

Reaktionen från fast grusgrund mot hel bottenplatta med relativt stor spännvidd har med hänsyn till plattans fjädring antagits fördelad enligt fig. 4:3.

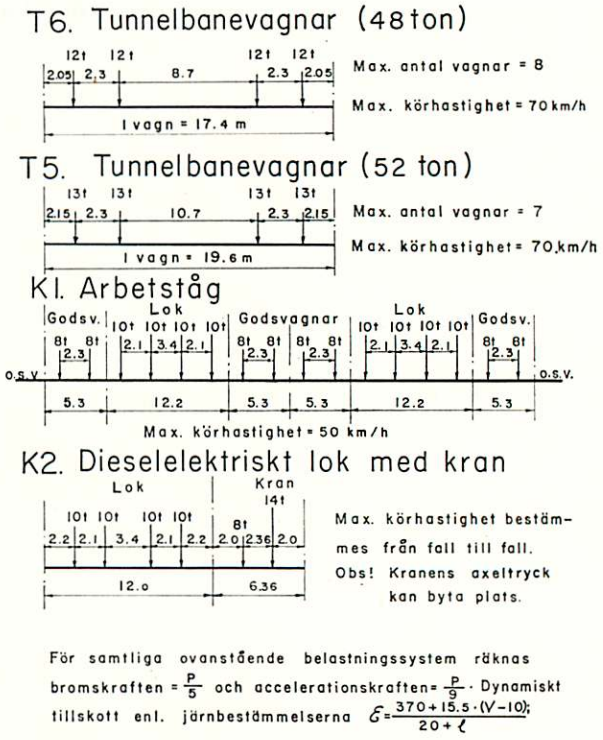


Fig. 4:1. Vid beräkningarna förutsatta trafiklaster per spår.

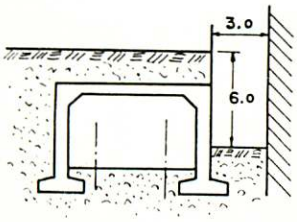


Fig. 4:2. Ensidigt jordtryck vid rörgrav

f) *BELASTNINGAR PÅ BERGFÖRSTÄRKNING*
För bergförstärkningar torde någon teoretiskt riktig allmängiltig belastning ej kunna fastställas (fig. 4:4). Där bergförhållandena ej motiverat annan belastningsfördelning, har man vid tunnelbanearbetena gjort följande antagande:

1. *Där betryggande bergtäckning finnes* — bergytan ligger helt ovanför det prickade området i figuren — beräknas förstärkningsvalvet för jämt fördelad last av berg och betong inom det streckade området i figuren.

2. *Där bergtäckningen är relativt god* — bergytan ligger helt utanför det streckade området i figuren — beräknas förstärkningsvalvet för ovanstående last *eller* alternativt för en linjelast 20 ton/m, placerad i farligaste läge (lasten kan antagas motsvara lossnat bergblock).

3. *Där bergtäckningen är dålig* — bergytan faller helt eller delvis inom det streckade området i figuren — beräknas förstärkningsvalvet för jämnt fördelad last av betong, berg och fyllning upp till markplanet, i sidled begränsad av vertikalplanen genom anfangen, jämte inom denna volym angripande punktlaster, *eller* linjelast enligt 2. ovan.

4. *Där i förväg tillverkade bågelement genom förspänning* eller på annat sätt bringas till full anliggning mot berget efter bågens hela längd, behöver hänsyn ej tagas till linjelasten enligt 2. ovan.

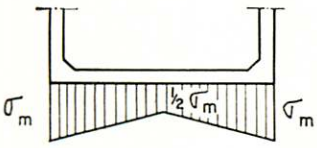


Fig. 4:3. Markbelastning under slank bottenplatta

g) *SÄKERHET MOT UPPFLYTNING*
Vid konstruktion kringfylld med friktionsmaterial och utformad så att friktionen kan överföras till huvudkonstruktionen skall säkerheten mot uppflytning vara 1,0. Därvid antages följande volymvikter:

Betong där uttorkning ej kan ske	2,3 ton/m³
betong där uttorkning kan ske	2,2 ton/m³

Vikt av överfyllning, ballast, räls m. m. får ej tillgodoräknas som stabiliserande faktor, utan utgör en extra säkerhet.

Vid konstruktion där friktionen ej kan överföras till huvudkonstruktionen skall säkerheten mot uppflytning vara 1,10. I övrigt antas förutsättningarna lika som ovan.

h) *STÅL- OCH BETONGKVALITETER*
För det övervägande antalet konstruktioner användes betongkvaliteten K 300, men vid behov har även högre kvalitet använts. All betong köpes från fabriker, varför kvaliteten är jämn. Vissa prefabricerade konstruktionsdetaljer har utförts av K 600.

Praktiskt taget all armering utgöres numera av Ks 40, även byglar och bergbult. Försök har även gjorts att använda Ks 60. men detta har tyvärr ej visat sig ekonomiskt med hänsyn till höga lagringskostnader och svårigheten att utnyttja de tillgängliga klena ståldimensionerna vid de oftast relativt grova betongkonstruktionerna.

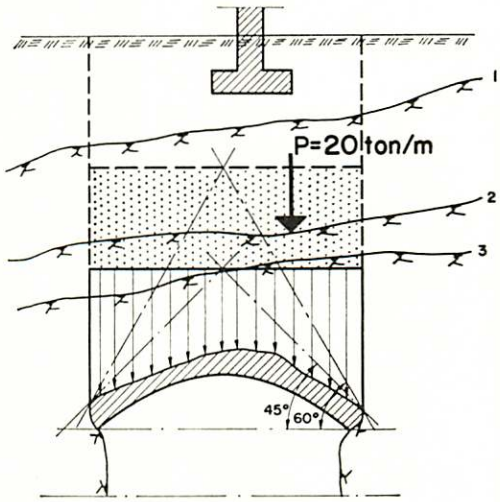


Fig. 4:4. Vid beräkningarna förutsatt last på förstärkningsvalv i berg

Kap 5 BYGGNADSTEKNISK BESKRIVNING

Stockholms tunnelbanesystem består för närvarande av två tunnelbanor genom innerstaden med förgreningar i förorterna. Den första banan som förbinder de västra förorterna med de södra kunde — efter att tidigare ha trafikerats på vissa delsträckor — framföras genom innerstaden 1957. Den nu färdigställda andra banan förbinder de nordöstra stadsdelarna med de sydvästra förorterna och kan trafikeras på större delen av

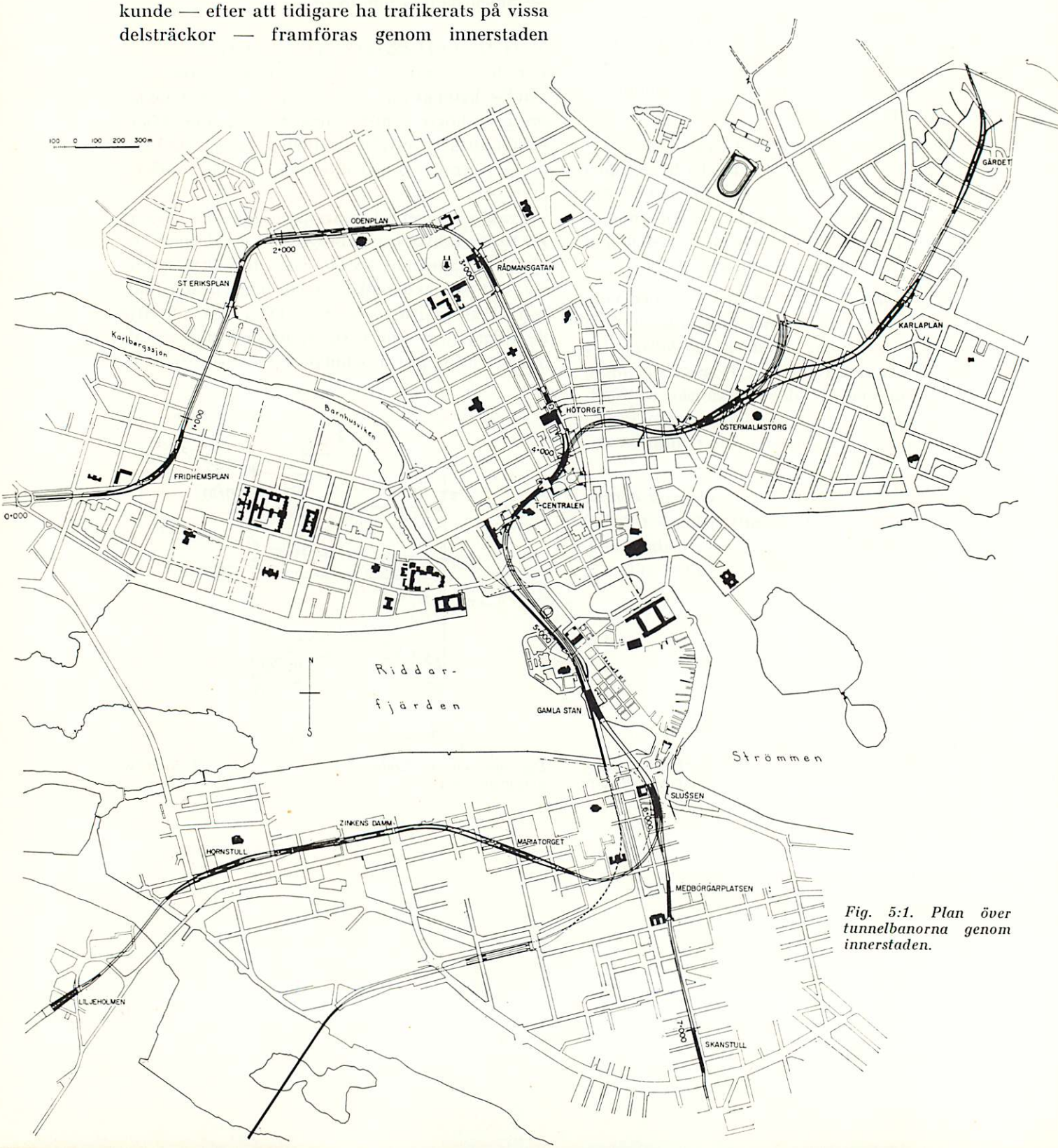


Fig. 5:1. Plan över tunnelbanorna genom innerstaden.

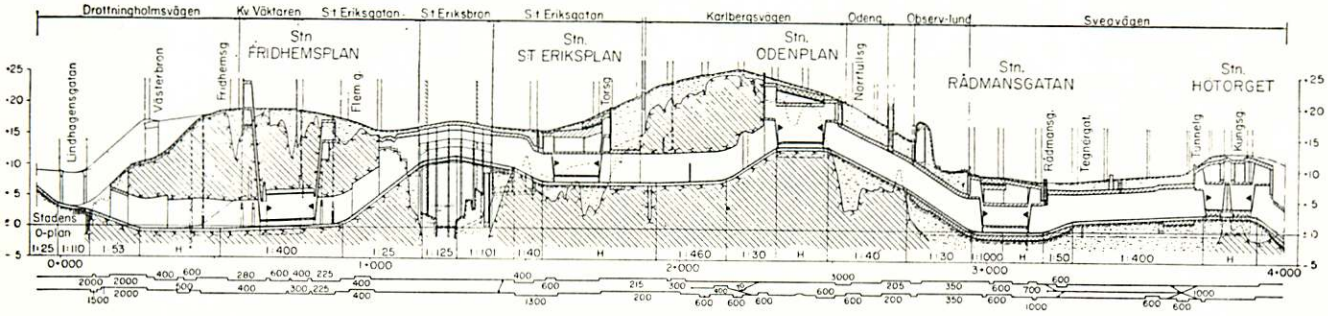
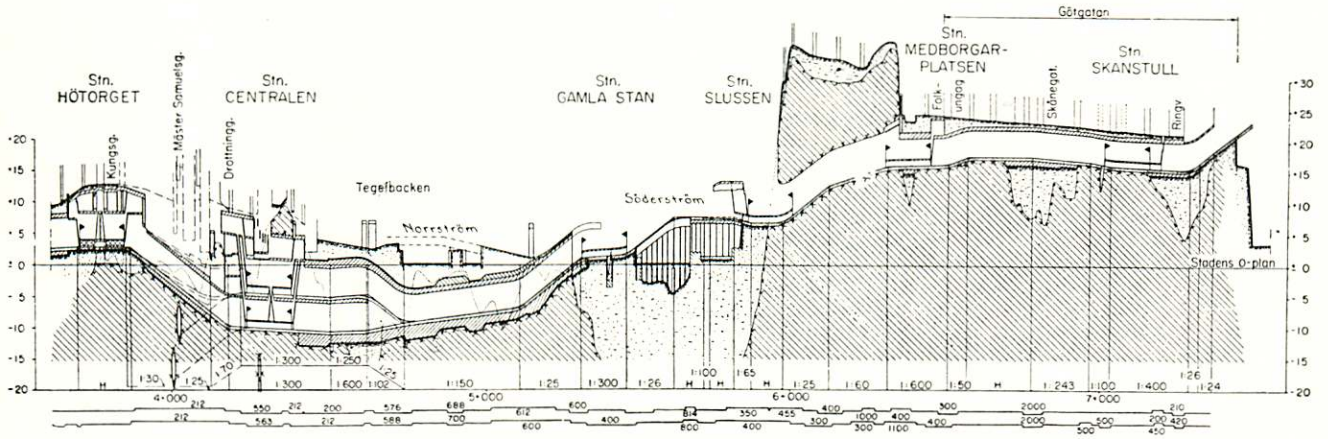


Fig. 5:2 (ovan och nedan). Längdprofil av första tunnelbanan genom innerstaden.



sin sträckning 1964. Planläget för de två tunnelbanorna framgår av översiktskartan. Med undantag för kortare sträckor med speciella förhållanden går banorna i innerstaden fram i tunnlar som antingen utsprängts i berg eller byggts av armerad betong, i regel i öppna spontschakt. I förorterna ligger banorna däremot normalt i markytan på egen banvall. Endast där det på grund av terrängförhållandena är lämpligt framförs dessa banor i tunnlar.

Den första banans längd är 40 km och den andra banans 22,9 km. Sammanlagda längden är alltså 62,9 km. Härav utgör tunnelsträckorna 22,6 km (36 %) och de öppna sträckorna 40,3 km (64 %). På de öppna sträckorna finns broar och viadukter till en sammanlagd längd av 7,1 km (ca 12 %).

De synnerligen varierande grundförhållandena i Stockholmstrakten har medfört att man vid byggandet av Stockholms tunnelbanor inte kunnat arbeta med en eller ett fåtal standardtyper för tunnelkroppens utformning, vilket varit möjligt vid många utländska tunnelbanor, utan man har tvingats använda ett stort antal konstruktionstyper och många olika grundläggningsmetoder. Innerstadstunnlarnas utformning i plan framgår av fig. 5:1 och fig. 5:2—:4 visar längdprofiler för de båda banornas innerstadsdelar.

På den 1932—33 utförda tunnelsträckan Medborgarplatsen—Skanstull användes bärande järnbalkskonstruktioner med mellanliggande betongplattor (fig. 5:5), alltså i huvudsak samma konstruktionstyp som tidigare kommit till utförande i Berlin. Det vid tidpunkten för byggandet extremt låga järnpriset — valsade järnbalkar kunde köpas för 9 à 10 öre per kg — gjorde en sådan konstruktion ekonomisk. När man 1945 började bygga första tunnelbanan på Norrmalm och Kungsholmen var emellertid prisläget på stålkonstruktioner ett helt annat. På grund härav, men även med hänsyn till lägre underhållskostnader, valde man nu att utföra tunnlarna som rena betongkonstruktioner. Vanligen utformades dessa som tvåledade plattramar, ibland där grundförhållandena så påfordrade med stagbalkar. Mellanpelare förekommer endast på stationer och vid stationsinfarter. Där banan ligger under grundvattenytan utförs konstruktionen som slutna plattramar med speciell isolering mot vattentrycket. Vid konstruktioner över grundvattenytan utförs vattenisolering endast på tunnelkroppens översida. Bergtunnlarna förstärks i erforderlig utsträckning och bergtunnlar under vattenytan injekteras eller isoleras mot vattentryck om så erfordras. De vanligaste konstruktionstyperna framgår av fig. 5:6.

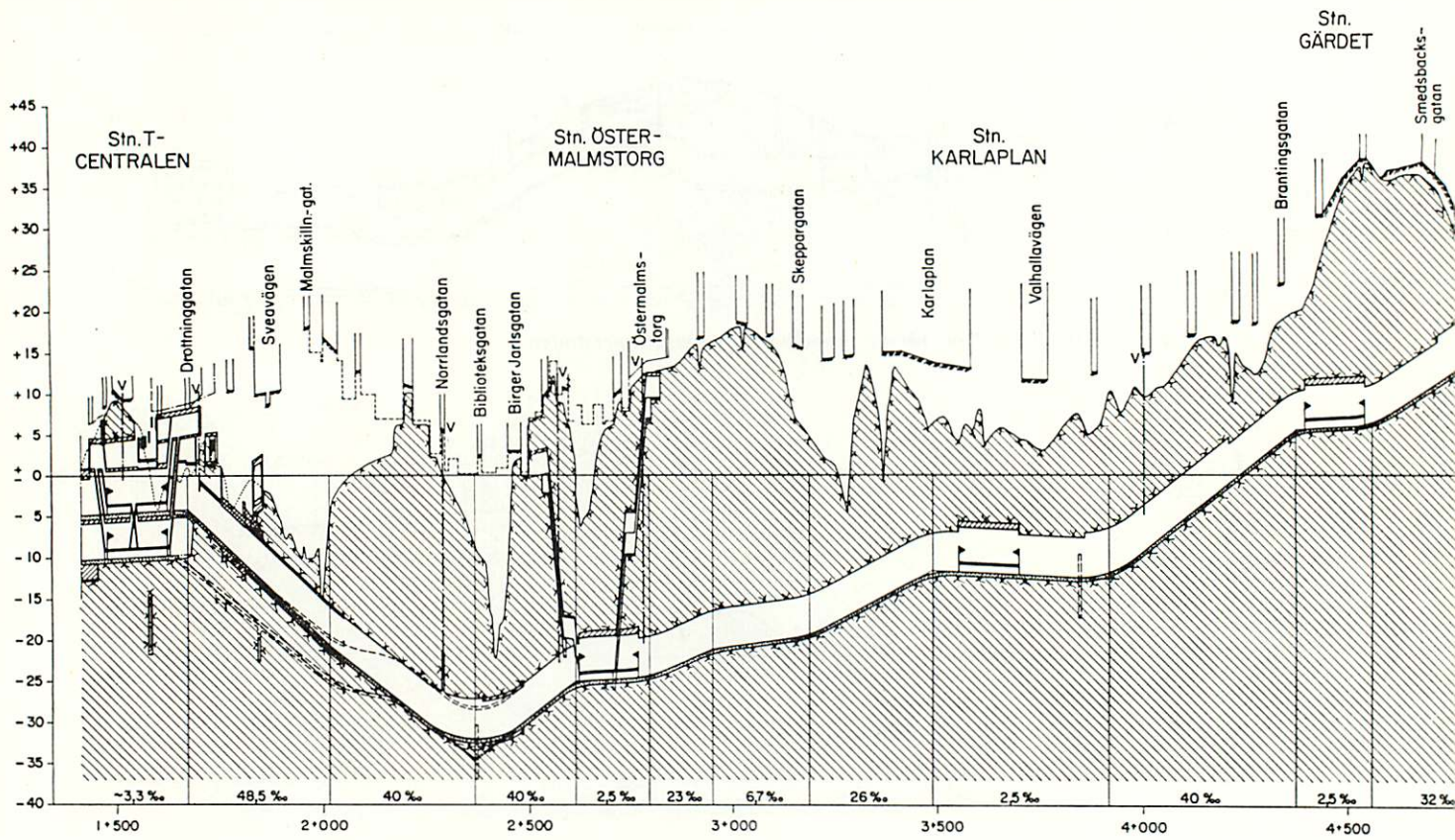


Fig. 5:3. Längdprofil av andra tunnelbanans östra gren.

På sträckan Medborgarplatsen—Skanstull byggdes stationerna så nära gatans yta som möjligt, för att få liten trapphöjd mellan plattformen och gatan. Stationernas biljetthallar lades i plattformsplanet och det ansågs vara tillräckligt med en uppgång i gångbanan på gatans ena sida.

När man 1945 började detaljprojektera banan på Norrmalm och Kungsholmen försökte man tillämpa samma principer, men under projekteringsarbetets gång visade sig detta vara mindre lämpligt. Med hänsyn till den allt mer intensiva gatutrafiken beslöt man i stället att lägga banan på sådant djup att biljetthallarna kunde placeras mellan gatans plan och banans spårutrymme. Genom denna utformning kunde biljetthallarna göras rymligare och förses med personalutrymmen och vissa butiksutrymmen, tidningskiosker o. dyl. Utformningen medförde även ökade möjligheter att placera tunnelbaneuppgångar i önskat läge. Förbindelser kunde ordnas mellan gatans båda gångbanor, vilket möjliggör för trafikanterna att direkt välja önskad gångbana. Dessutom kan gångtrafikanter, som inte avser att utnyttja tunnelbanan, använda dessa gångförbindelser för att korsa körbanan. Denna utformning medförde emellertid en avsevärd ökning av höjdskillnaden mellan plattformsplanet och gatans plan. Med hänsyn härtill försågs uppgångarna med minst en rulltrappa mellan plattform och biljetthall.

En annan förändring i förhållande till den 1932—33 byggda bandelen var att skyddsutrymmet i dubbelspårstunneln, som på denna sträcka ligger mellan spåren, av säkerhetsskäl ersatts med två skyddsutrymmen intill tunnelväggarna. Härigenom ökades bredden på dubbelspårstunnelns normalsektion med 30 cm.

Den första banan har i huvudsak kunnat byggas i gatumark. Vid den andra banans byggande har detta inte kunnat genomföras i samma utsträckning. Denna bana har därför byggts i sådant djupläge att den i mycket stor utsträckning kan framföras i bergtunnlar under befintlig bebyggelse. Även de delar av banan som går genom de sydvästra förorterna har med hänsyn till terrängförhållandena byggts i bergtunnlar i mycket större utsträckning än vad som var fallet vid den första banans förortsdelar. Samtliga underjordiska stationer på den andra banan — med undantag för den med första banan gemensamma sträckan T-centralen—Slussen — har utförts som bergstationer, vilka utformats enligt de principer som tillämpades för station Fridhemsplan på första banan. Med ledning av erfarenheterna

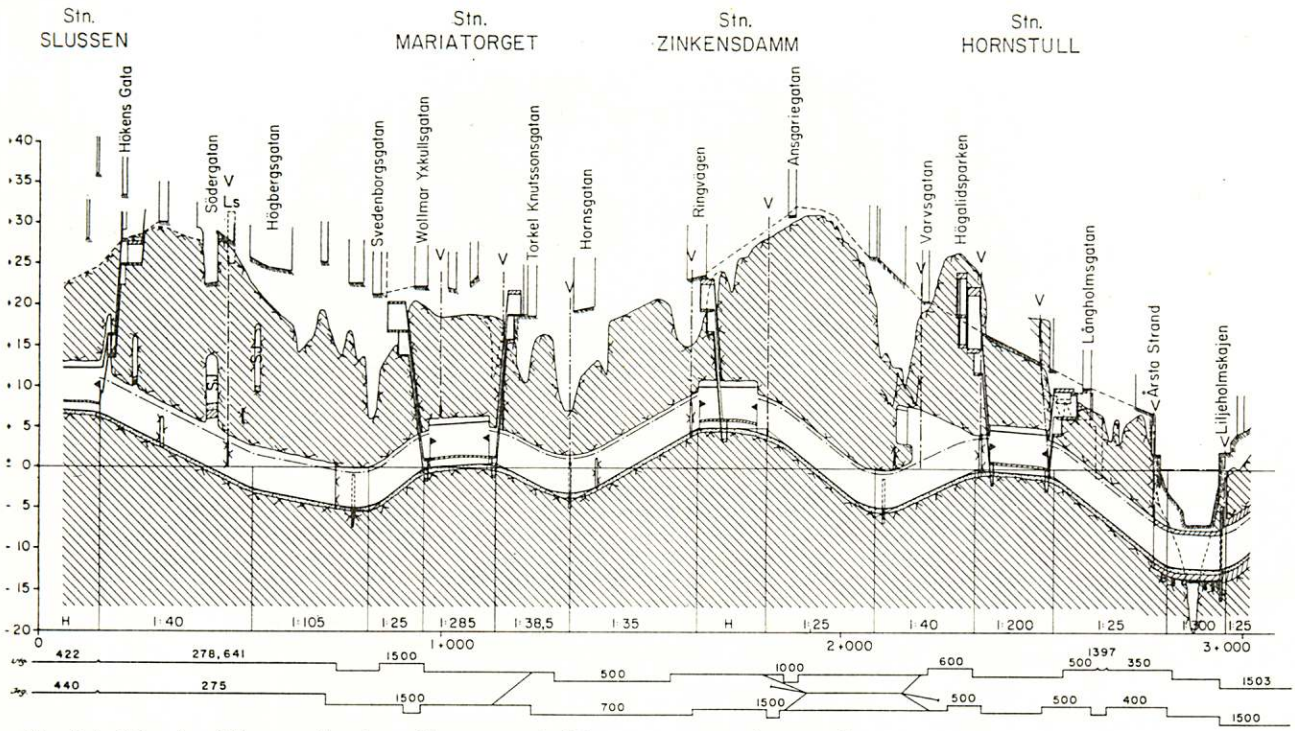


Fig. 5:4. Längdprofil av andra tunnelbanans sydvästra gren genom innerstaden.

från denna station har man dock minskat antalet tvärtunnlar genom bergväggen i stationens mittlinje.

Under den tid första banan varit i trafik har från trafikanterna framförts önskemålet att speciella åtgärder borde vidtas för de trafikanter som av skilda anledningar inte kan utnyttja rulltrappor. Med anledning härav ordnades redan vid station T-centralens första utbyggnad en vertikal hiss vid uppgången mot Vasagatan. Likaså har station Slussen försetts med hissar vid mittuppgången. För station Fridhemsplan har planerats en lutande hiss, som skall utföras i samband med ombyggnaden av den fastighet i vilken uppgången mot Fridhemsplan är inrymd. Vid byggandet av den andra banan har detta problem lösts på så sätt att minst en uppgång vid varje station, där höjdskillnaden kräver enbart rulltrappor, försetts med en lutande hiss parallell med rulltrapporna.

Den andra tunnelbanan löper parallellt med den första på sträckan T-centralen—Slussen. Denna del av den andra banan utfördes därför i huvudsak i samband med den första banans byggande. Bland de intressanta byggnadsarbeten som då utfördes kan nämnas: tryckluftskassunerna, frysspontenoch kassunsponten vid Tegelbacken (fig. 5:7 och :8), tunneln under Norrström och i Riddarholmskanalen (fig. 5:9 och :10), station Gamla stan (fig. 5:11) och den femspåriga bron över Söderström. Som ytterligare exempel på de varierande byggnadsmetoder som använts vid första banans byggande kan här nämnas grundvattensänkningen vid station Rådmansgatan och den kemiska markförstening enligt Joostens förfarande som utfördes för att skydda Konserthusets grundläggning (fig. 5:12).

De resterande arbetena på den gemensamma sträckan T-centralen—Slussen som utförts i samband med andra banans byggande är följande.

Station Slussen, vars södra del är insprängd i berget, har försetts med plattformar för den andra banan. Bergrummets bredd är här ca 36 m och bergtaket uppbärs av tre parallella väggpartier av betong, vilka genombrutits i den utsträckning som erfordras för att få förbindelse mellan plattformarna. Den norra delen av stationen har överbyggts med ett betongdäck och i samband

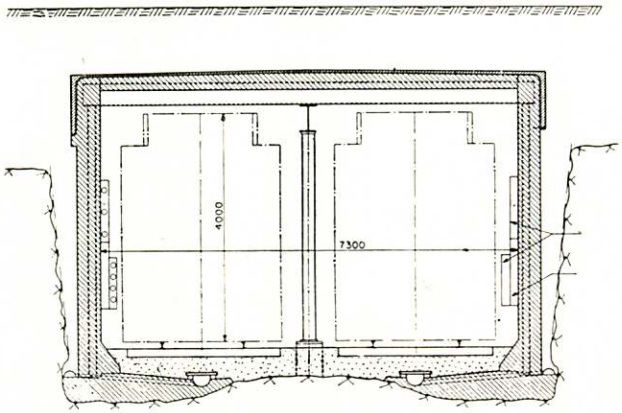


Fig. 5:5. Tvärsektion av tunneln under Götgatan.

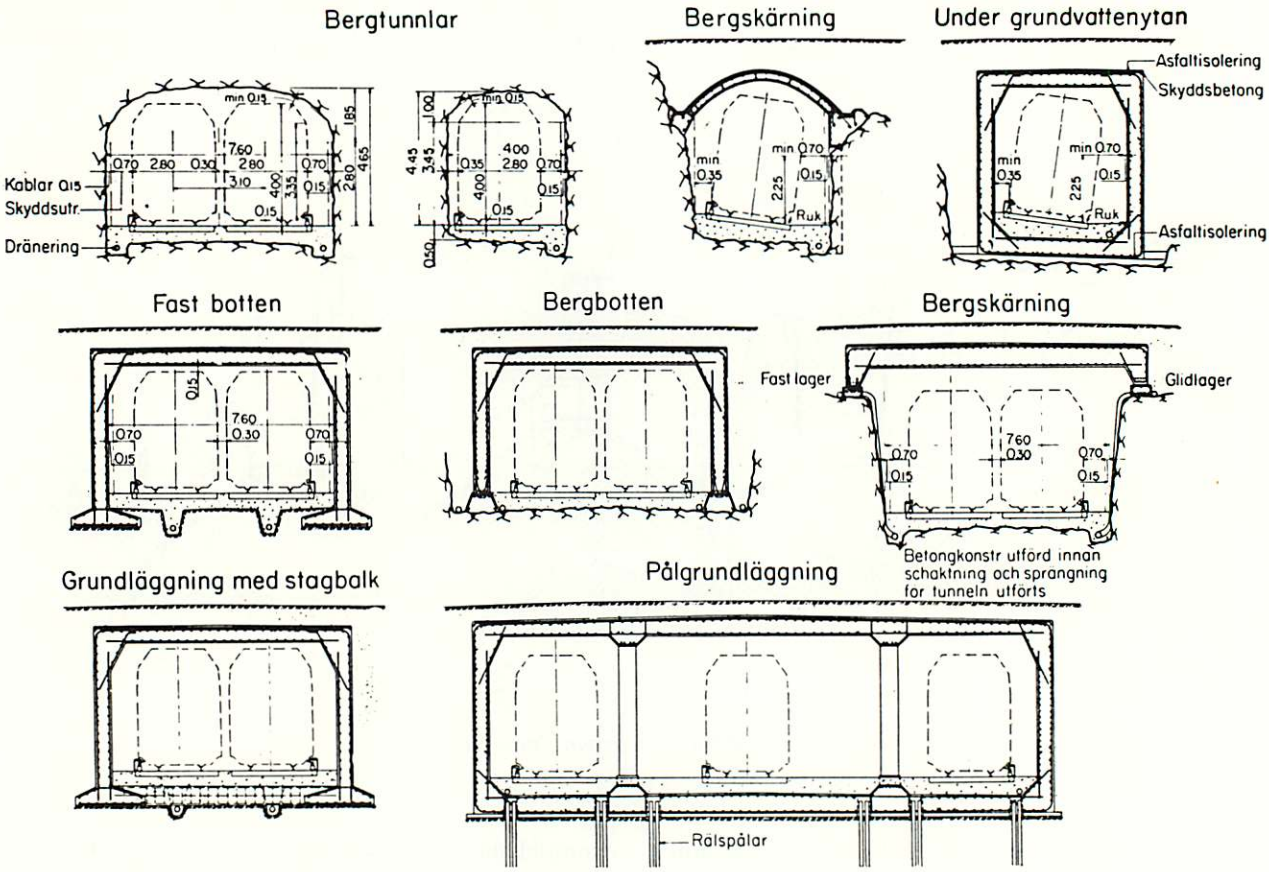


Fig. 5:6. Tvärsektioner av tunneln under Kungsholmen—Norrmalm.

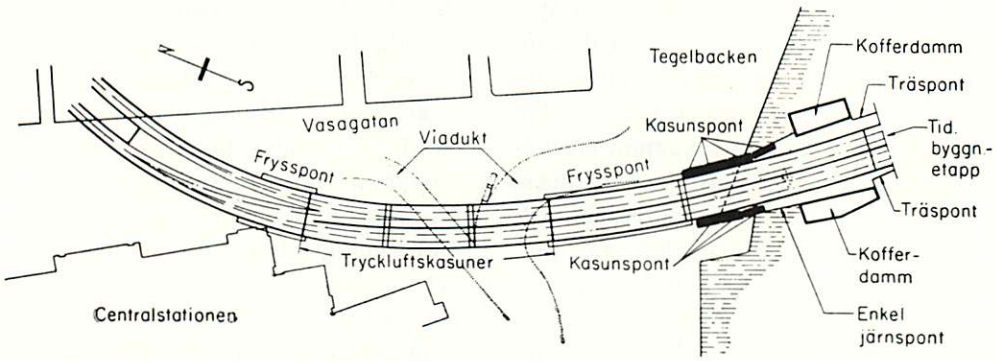


Fig. 5:7. Plan över Tegelbacksområdet.

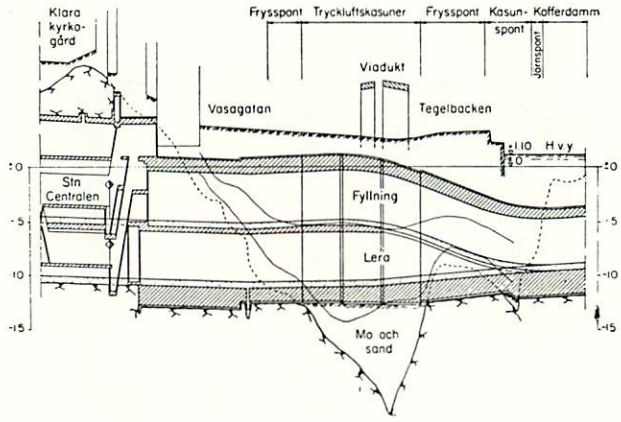


Fig. 5:8. Längdprofil vid Tegelbacken.

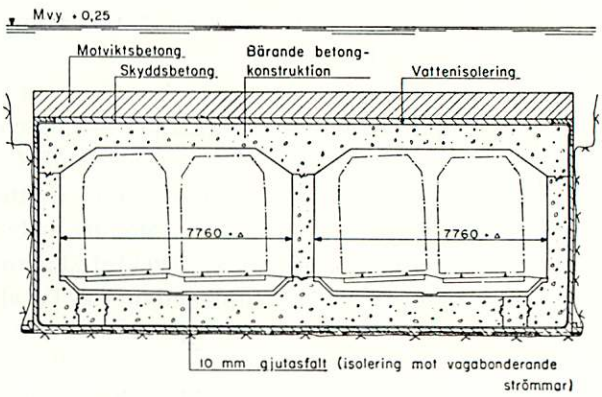


Fig. 5:9. Tvärsektion av banan under Norrström.

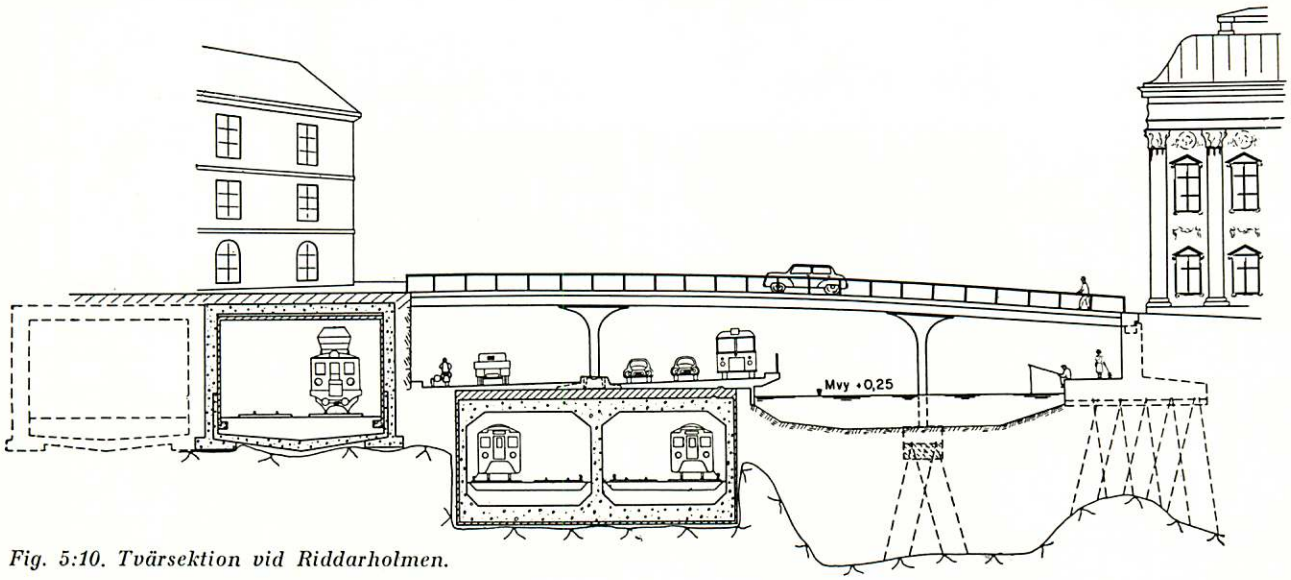


Fig. 5:10. Tvärsektion vid Riddarholmen.

därmed har ett torgplan anordnats som ansluter till Södermalmstorg och Katarinavägen och som utformats med speciell hänsyn till Södra Stadshuset. Vid södra sidan av detta torg har en biljetthall byggts och vid stationens södra ände har ordnats en uppgång med biljetthall i Hökensgatan vid Götgatan (fig. 5:13).

Station T-centralens nedre plattform för den andra banan har iordningsställts och den tidigare påbörjade invallningen av denna station har kompletterats i samband med att husbyggnaderna intill stationen färdigställts. Stationsuppgångarna har kompletterats. Från biljetthallen vid Vasagatan går en gångförbindelse under nybyggnaden i kv. Kajan fram till en trappuppgång vid Vasagatan—Klarabergsgatan. Gångtunneln från SJ:s centralstation har försetts med en grentunnel som går under norra delen av kv. Uggleborg fram till Klara Västra Kyrkogata. Biljetthallen vid Drottninggatan har fått en ny uppgång i kv. Gripen och ett stort dörrparti har ordnats mot Sergels Torg varigenom tunnelbanetrafikanterna från denna starkt trafikerade uppgång kan utnyttja alla de förbindelsemöjligheter med gatuplanet som denna trafikplats erbjuder (fig. 5:14).

Under kv. Uggleborg kunde den andra banans sydgående spår inte byggas samtidigt med den första banan. Esseltes telefonväxel låg hindrande i vägen och kunde inte omplaceras inom erforderlig tid. Sedan denna anläggning flyttats och erforderliga, mycket komplicerade husgrundsavväxlingar utförts har denna spårsträcka kunnat fullbordas.

Från station T-centralen går den andra tunnelbanan mot Östermalm. Enligt det först upp-

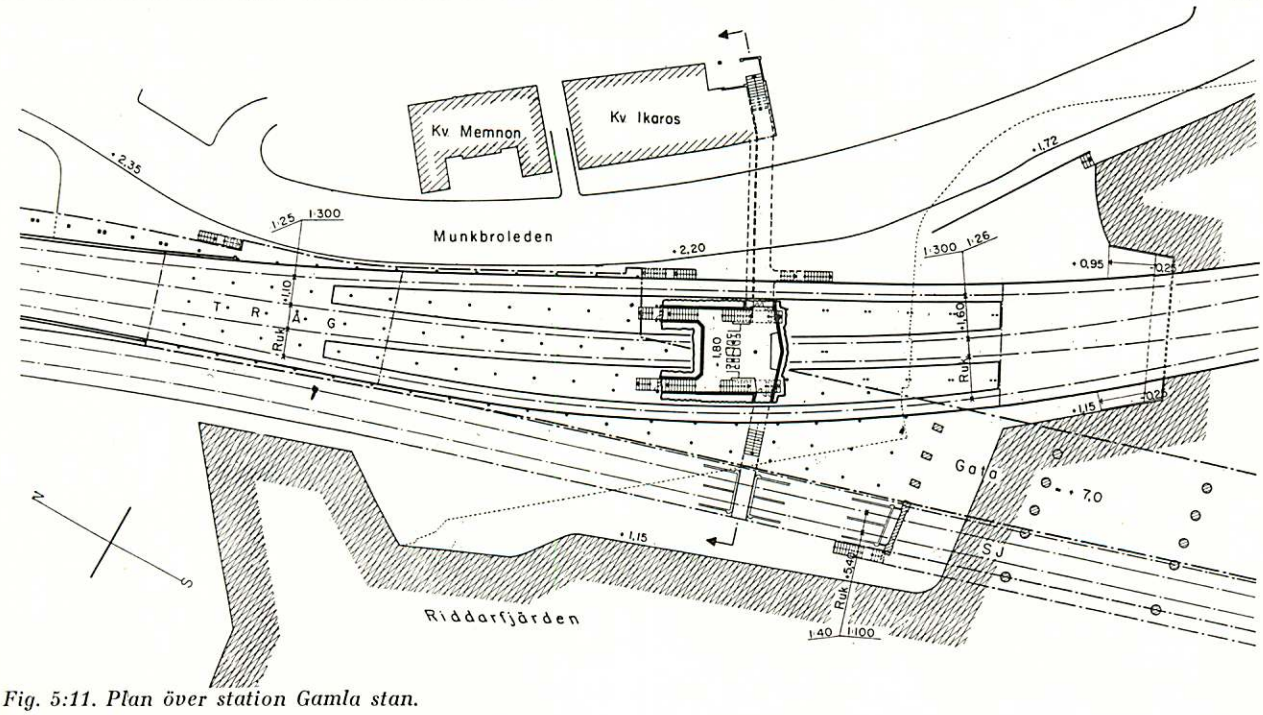


Fig. 5:11. Plan över station Gamla stan.

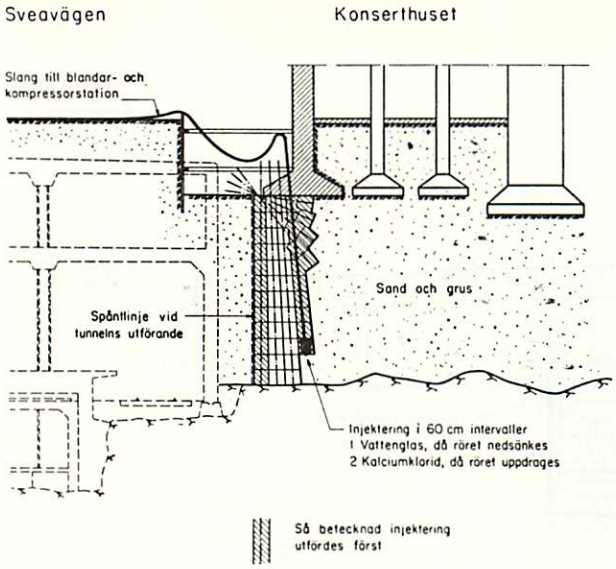
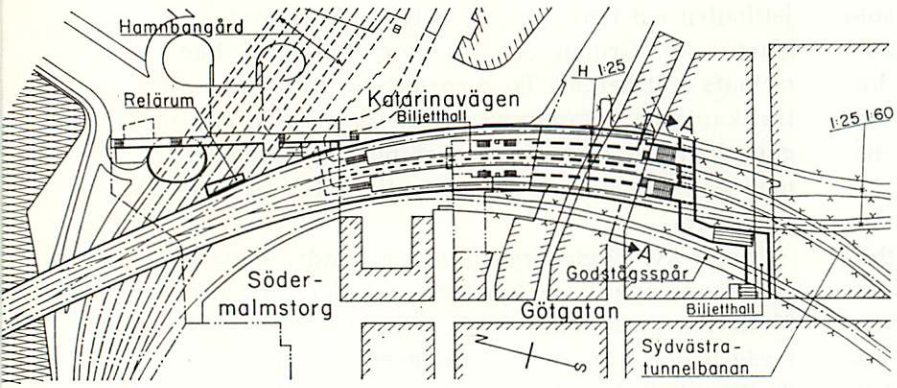


Fig. 5:12. Markförstening vid Konserthuset.

gjorda förslaget skulle banan byggas i Hamngatan och via Norrmalmstorg och Nybroplan fortsätta mot Karlaplan och Gärdesstaden. Denna sträckning visade sig emellertid medföra mycket stora byggnadstekniska svårigheter, speciellt vid Norrmalmstorg och Nybroplan, där man sannolikt tvingats att utföra tunneln som kassunbygge av samma typ som Tegelbackskassunerna på en mycket lång sträcka. Då det även från trafikteknisk synpunkt var lämpligare med ett något nordligare läge för banan, undersöktes möjligheten att bygga banan i Mäster Samuelsgatan nära markytan. Även detta tunnelläge erbjöd dock stora byggnadstekniska svårigheter. Dels var denna del av Mäster Samuelsgatan mycket hårt utnyttjad som ledningsstråk,



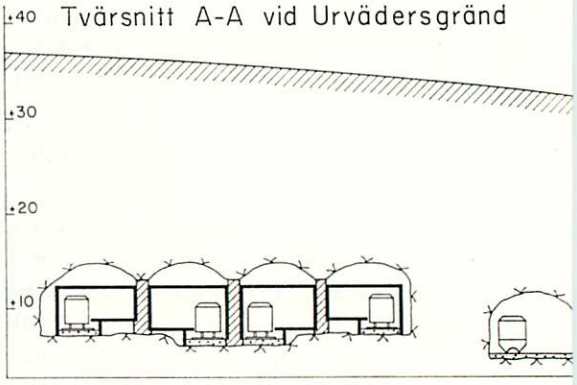
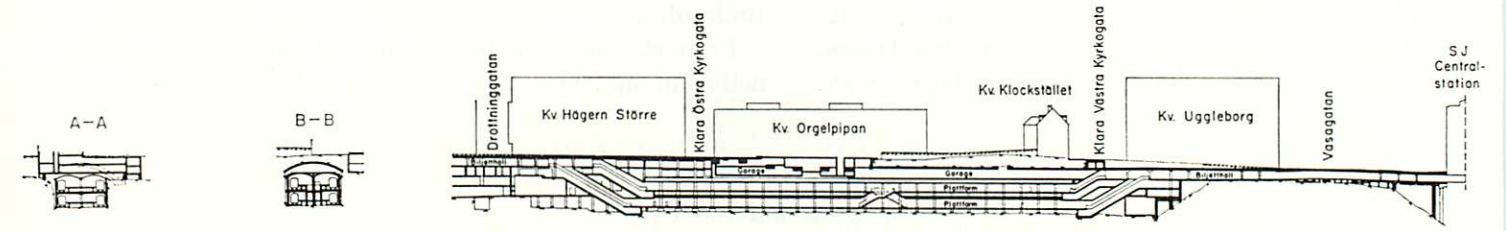
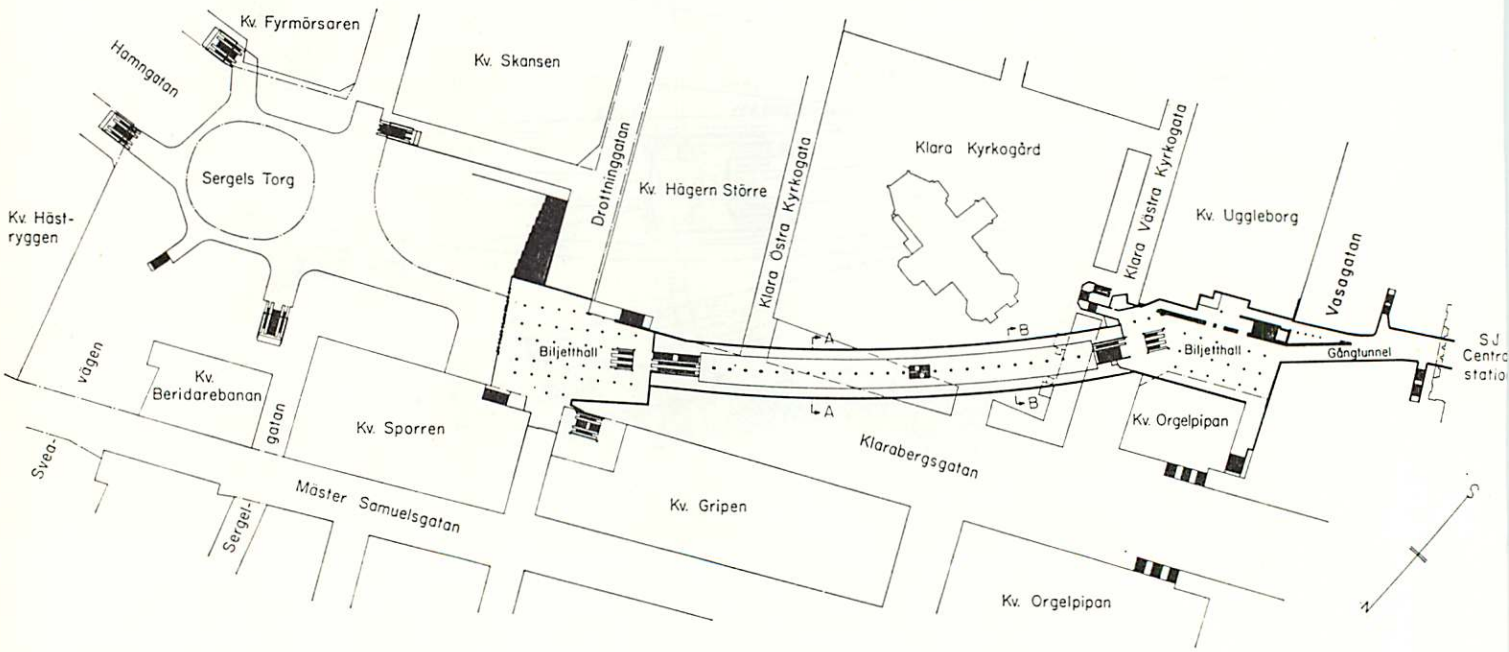


Fig. 5:13 (ovan). Station Slussen. Plan och tvärsektion.
Fig. 5:14 (nedan). Station T-centralen. Plan och längdsektion.





dels skulle ett byggande nära markytan medfört att 41 fastigheter mellan Malmskillnadsgatan och Birger Jarlsgatan måst rivas. En så omfattande husrivning ansågs inte genomförbar samtidigt med den pågående saneringen av Nedre Norrmalm, varför man övergick till att undersöka ett förslag där banan lades så djupt att den skulle kunna utföras i bergtunnel under den befintliga bebyggelsen. Enligt tillgängliga uppgifter om bergytans läge skulle detta förslag kunna genomföras utan större svårigheter. Noggrannare grundundersökningar visade dock besvärliga svackor i berggrunden vid Malmskillnadsgatan och Biblioteksgatan. Av undersökningarna framgick att bergytan vid Malmskillnadsgatans lågparti höjde sig mot norr och banan lades därför i en vid båge så långt mot norr som möjligt. Det sydgående spåret, som skall passera station T-centralens övre våning, vållade givetvis de största svårigheterna. För att kunna utföra denna spårtunnel i berg från Sveavägen och österut var det nödvändigt att omedelbart sedan spåret lämnat plattformen vid station T-centralen böja av mot norr, passera mellan den första banans båda spårtunnlar och fortsätta under den östligaste av dessa (fig. 5:15 och :16). Trots dessa åtgärder var det inte möjligt att erhålla den bergtäckning som erfordrades. Först sedan det genom en utredning klarlagts att det sydligaste spårets lutning kunde ökas från den normala maximilutningen 40 ‰ till 50 ‰ från station T-centralen och 350 m österut blev det möjligt att utföra bergtunneln under lågpartiet i Malmskillnadsgatan.

Genom denna placering av andra banans tunnlar ökades antalet tunnlar under korset Sveavägen—Mäster Samuelsgatan ytterligare. Där finns nu 4 tunnelbanetunnlar, 4 ledningstunnlar, 3 biltunnlar och en djupt belägen bergtunnel för telekablar (fig. 5:17 och 7:4:2).

De utförda grundundersökningarna visade att lågpartiet i berggrunden vid Biblioteksgatan—Birger Jarlsgatan borde passeras strax norr om Mäster Samuelsgatan. Bergytans läge och ytbergets beskaffenhet tvingade dock ned tunnlarna så djupt att spåret inom detta område ligger ca 32 m under nollplanet.

På grund av bebyggelsen inom området mellan Sveavägen och Birger Jarlsgatan och det stora djupet från markytan till berget — inom vissa områden ca 30 m — var det inte möjligt att genom undersökningar från markytan erhålla tillräckligt noggranna uppgifter om bergytans läge och jordarternas och bergets beskaffenhet. Innan utsprängningen av spårtunnlarna

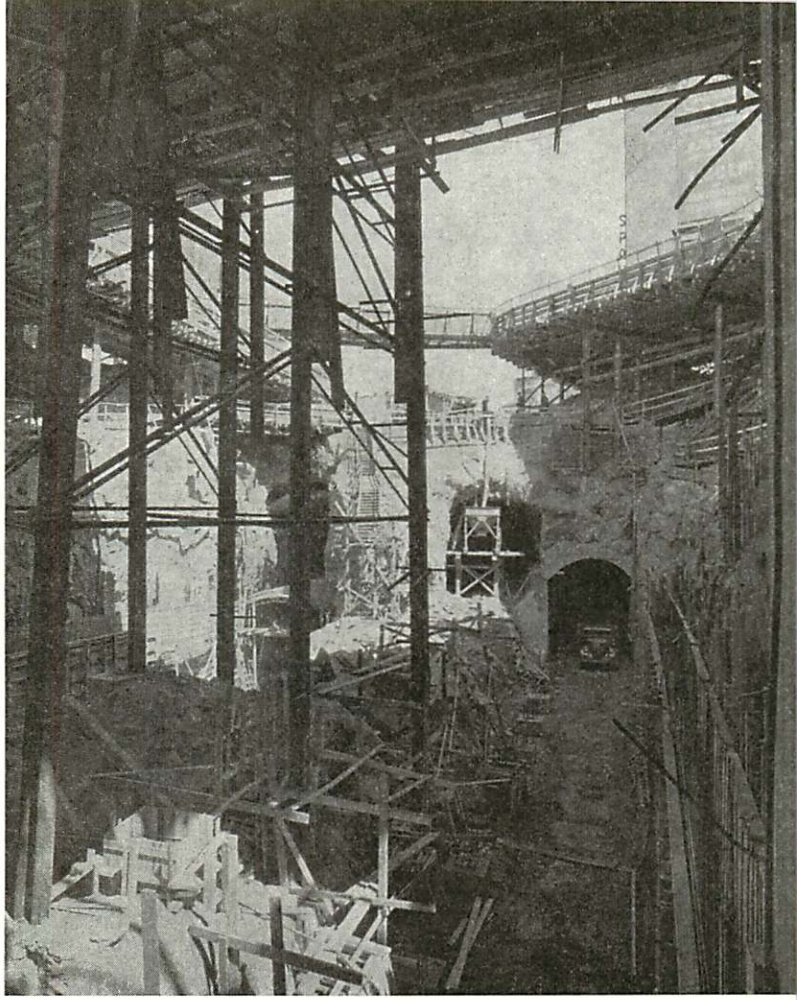
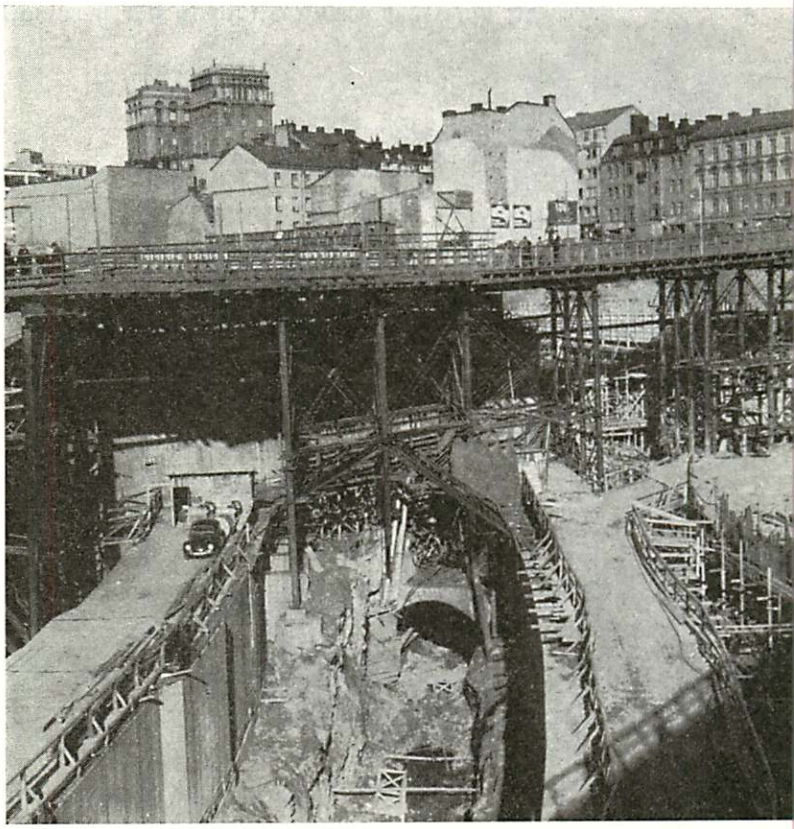


Fig. 5:15. Tunnelarbeten vid Drottninggatan.

Fig. 5:16 (nedan). Tunnelarbeten vid Sergels torg.



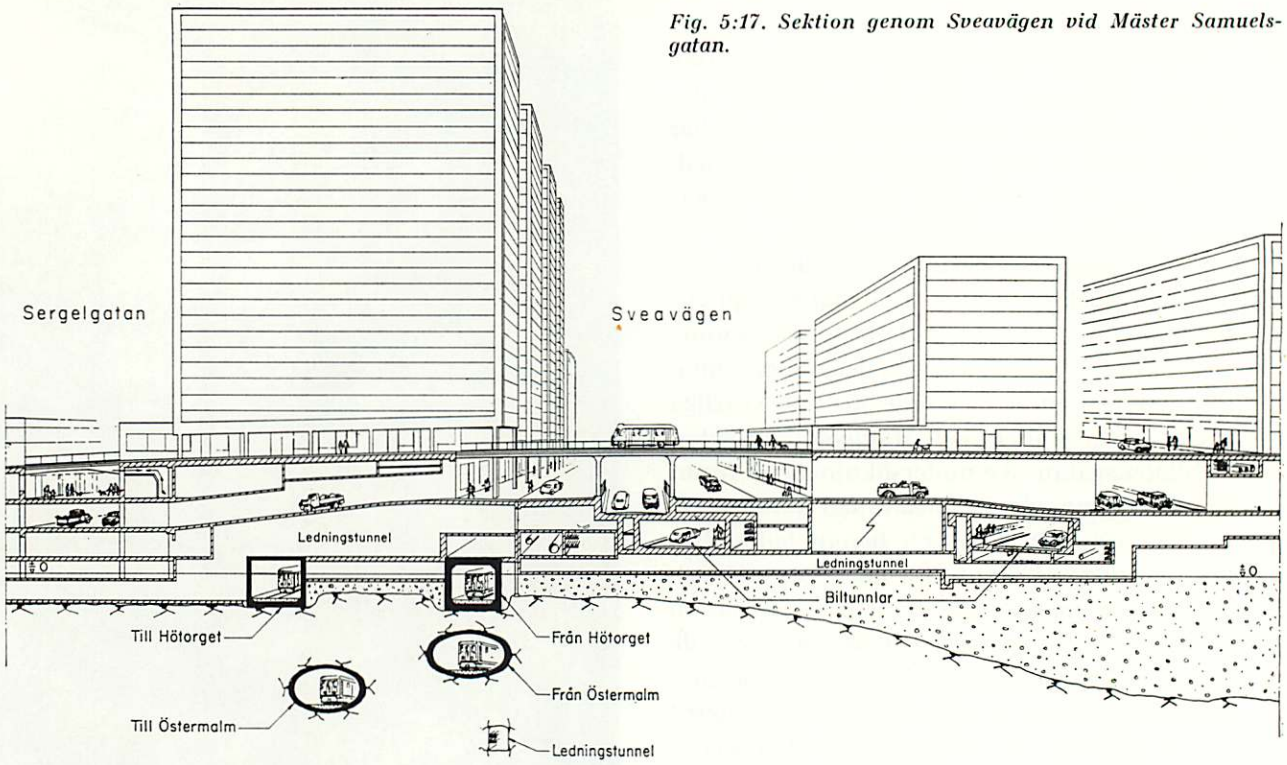


Fig. 5:17. Sektion genom Sveavägen vid Mäster Samuelsgatan.

igångsattes utfördes därför en sonderingstunnel med dimensionen 2,20×2,30 m för vardera spårtunneln. Genom de observationer som gjordes från dessa sonderingstunnlar kunde tillräckligt noggranna uppgifter om grundens beskaffenhet erhållas (fig. 5:18).

Värdet av sonderingstunnlarna framgår bäst därav att man genom dessa tunnlar kunde lokalisera ett parti i den södra tunneln där bergytan på en sträcka av ca 11 m i tunnelns längdriktning sjönk ned ungefär till den blivande tunnelns mittlinje. Grundmaterialet ovan berget bestod av åsgrus och grundvattenytan låg ca 20 m över bergytan. Genom att detta parti lokaliserades på ett tidigt stadium kunde byggnadsmetoderna för detta synnerligen svåra arbete vara genomstuderade innan tunnelsprängningen nådde fram till denna punkt.

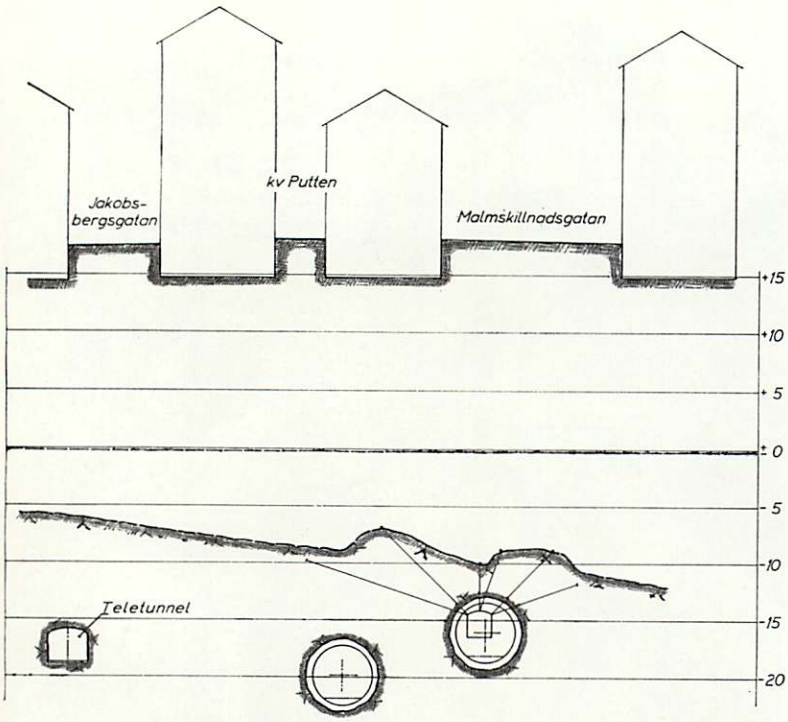


Fig. 5:18. Sektion genom bergtunnlar vid Malmskillnadsgatan.

Av undersökningen från sonderingstunnlarna framgick att ytberget inom de båda lågpartierna var av dålig kvalité och mycket vattengenomsläppligt. Man måste därför förutsätta ett vattentryck mot tunnelkroppen, som maximalt motsvarade ca 32 meters vattendjup. Med hänsyn härtill utfördes tunnlarna inom dessa delar — sammanlagt ca 700 löpmeter spårtunnel — med cirkulär sektion. Det bärande elementet i denna tunnelkropp utgörs av en 27,5 cm tjock betongring. Denna ring omges av en vattenisolering bestående av 5 mm tjock stålplåt. Mellan stålplåten och berget göts fyllnadsbetong, som bl. a. hade till uppgift att rostskydda plåten (fig. 5:19). Detaljutformningen av den cirkulära sektionen med avseende på invändig diameter, skyddsutrymmets utformning, spårets underbyggnad m. m. studerades i en modell av trä i naturlig skala, som utfördes på spårvägsbolagets verkstadsområde vid Blåsut (fig. 5:20).

Grundförhållandena vid Biblioteksgatan och banans djupa läge inom detta område medförde att den första stationen efter station T-centralen

inte kunde utföras förrän öster om Birger Jarlsgatan, om tunnelkroppen och stationen skulle kunna utföras helt i berg. Från vissa håll framhölls att stationen borde byggas väster om Birger Jarlsgatan för att bättre tillgodose området mellan Sveavägen och Birger Jarlsgatan. En förutsättning för ett sådant stationsläge var emellertid att banan på sträckan Norrlandsgatan—Birger Jarlsgatan lades i ett högre läge så att stationsbyggnaden kunde byggas relativt nära markytan och utföras som betongkonstruktion. En sådan stationsbyggnad skulle dock ha medfört mycket stora byggnadstekniska svårigheter och då den måste utföras från ytan skulle det även bli nödvändigt att riva ett stort antal fastigheter av vilka de flesta ännu inte var rivningsmogna. Dessutom kunde byggandet från markytan sannolikt inte genomföras utan sänkning av grundvattenytan inom närliggande områden under lång tid. Då det inom området finns ett flertal värdefulla fastigheter grundlagda på träpålar skulle en grundvattensänkning kunnat orsaka skador på dessa pålgrundläggningar, som medfört stora skadeståndskrav från fastighetsägarna. Redan den ringa och kortvariga grundvattensänkning som erfordrades för den utförda stationsuppgången mot Birger Jarlsgatan medförde anmälningar om rätt till ersättning för eventuell skada från närliggande fastigheter, vilket framtvingade omfattande utredningar av grundvattenförhållandena inom detta område.

Med hänsyn till dessa svårigheter förlades den första stationen efter stn T-centralen till området mellan Birger Jarlsgatan och Östermalmstorg (fig. 5:21). Stationens västra uppgång mynnar i kv. Riddaren 7—9 intill korsningen Birger Jarlsgatan—Grev Turegatan och dess östra uppgång i Östermalmstorg. Trots att banan stiger maximalt från lågpunkten vid Biblioteksgatan ligger stationen mycket djupt. Den är tills vidare den djupast belägna stationen inom Stockholms tunnelbanesystem. Höjdskillnaden mellan stationsplattformen och gatuplanet är ca 27 m vid Birger Jarlsgatan och ca 38 m vid Östermalmstorg. Stationen är planerad som en 3-spårsstation för att möjliggöra en förgrening av banan efter stationen. Den ena linjen, som nu utförts, går mot Karlaplan och Gärdesstaden och en andra linje kan i framtiden utbyggas mot Östra station vid Valhallavägen och vidare mot Täbyområdet. Den senare linjens spår har utbyggts till Karlavägen och används tills vidare som vänd- och uppställningsspår. Av den planerade 3-spårsstationen har

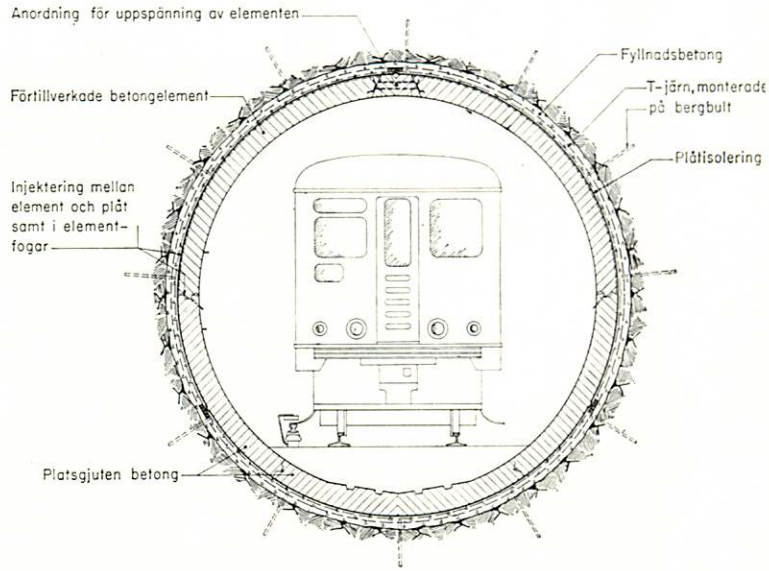


Fig. 5:19. Tunnelkonstruktion vid Malmskillnadsgatan och Biblioteksgatan.

tills vidare endast dubbelspårsstationen byggts. För den tredje spårplattformen har endast erforderliga försvarsarbeten utförts.

Denna station förutsättes bli en av de starkast trafikerade stationerna inom Stockholms tunnelbanenät. Speciellt torde detta gälla uppgången mot Birger Jarlsgatan. Denna uppgång har därför försetts med fyra rulltrappor och en lutande hiss mellan plattformen och biljetthallen. Man har även utformat förbindelserna mellan biljetthallsplanet och gatans plan så att gångtrafikanterna inte skall behöva korsa den starka körtrafiken inom detta område i gatans plan. Från trafiksynpunkt är det önskvärt att även icke tunnelbanetrafikanter utnyttjar dessa gångförbindelser. Med hänsyn härtill har trappförbindelserna med gatans plan försetts med rull-

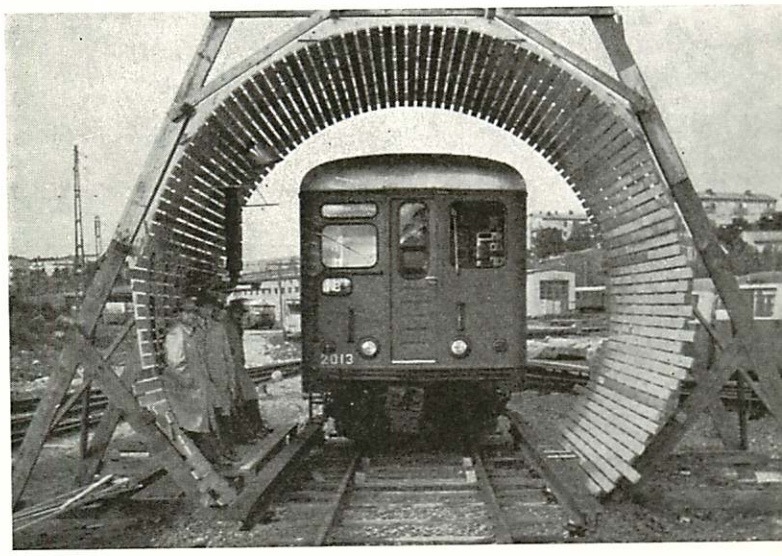


Fig. 5:20. Cirkulär tunnel. Modellförsök.

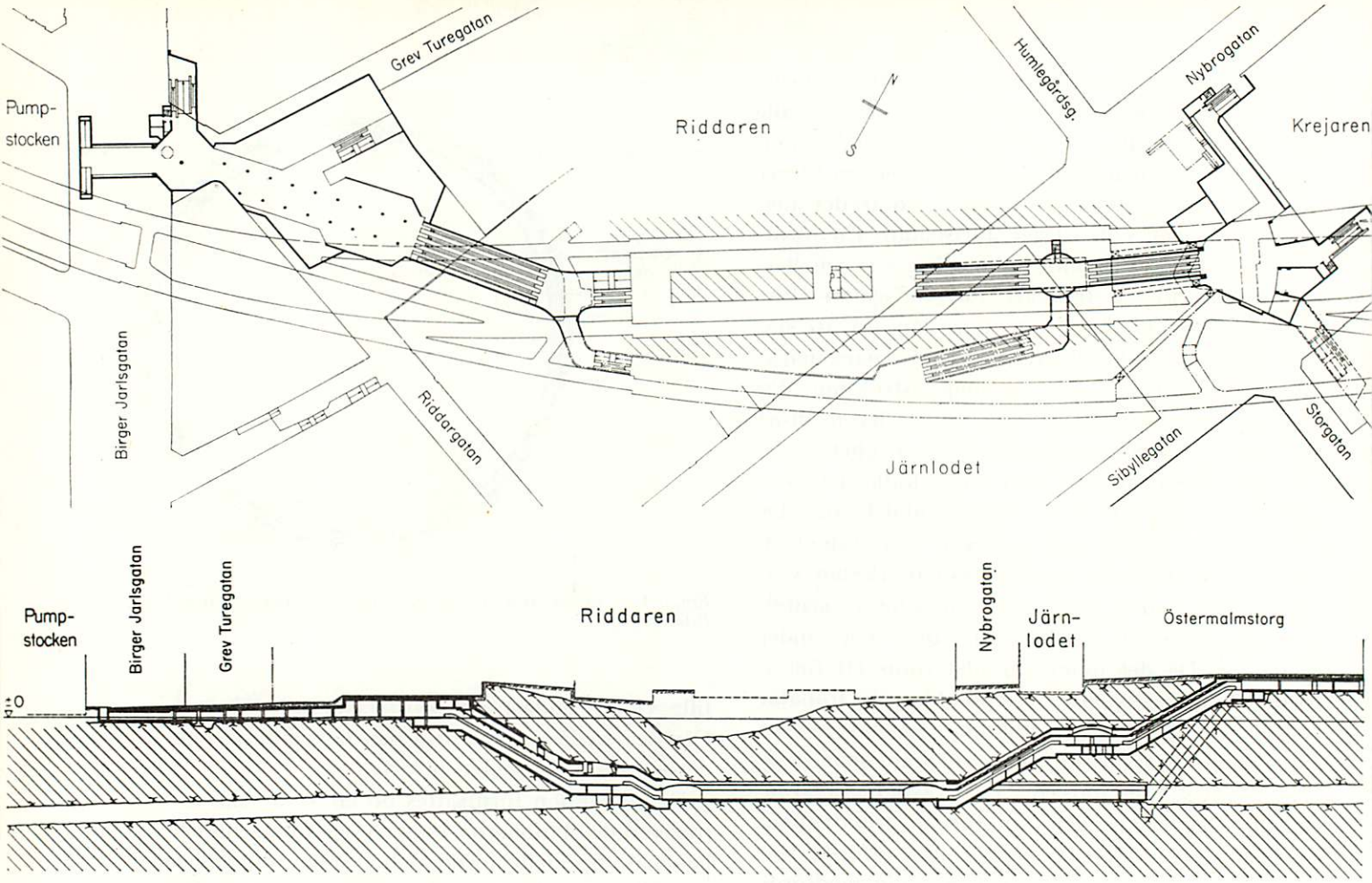


Fig. 5:21. Station Östermalmstorg. Plan och längdsektion.

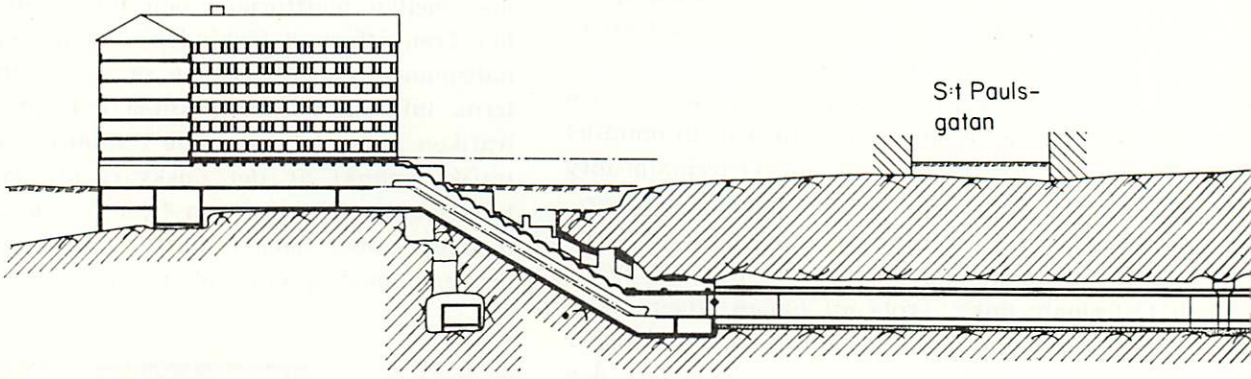
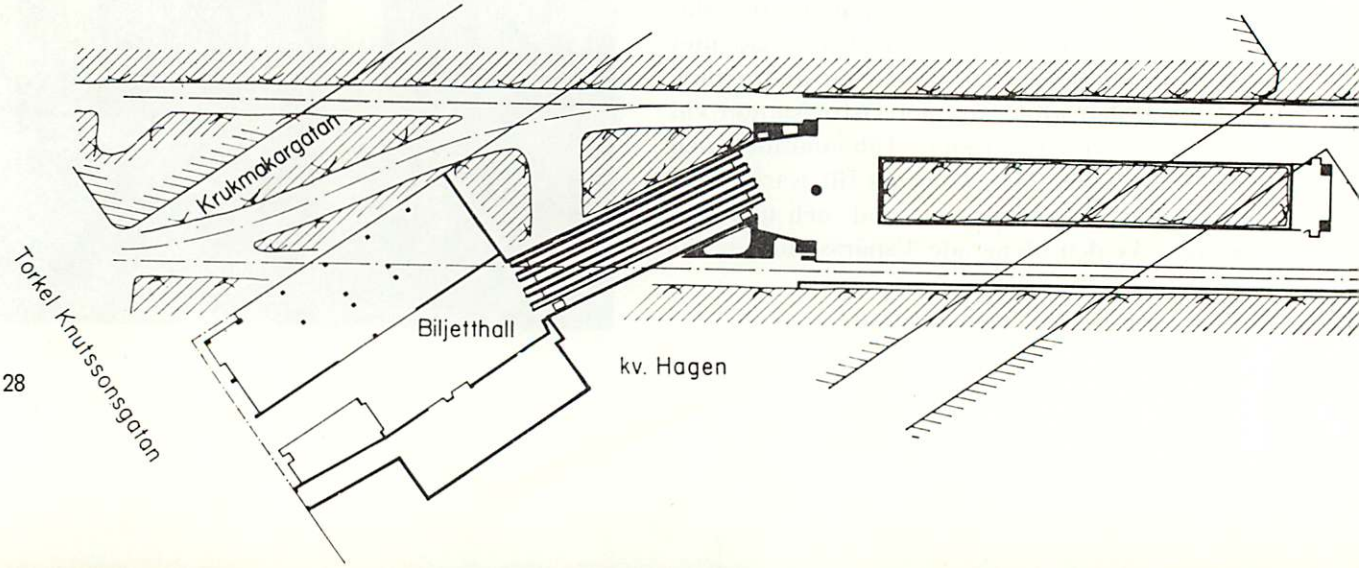


Fig. 5:22. Station Mariatorget. Längdsektion och plan.

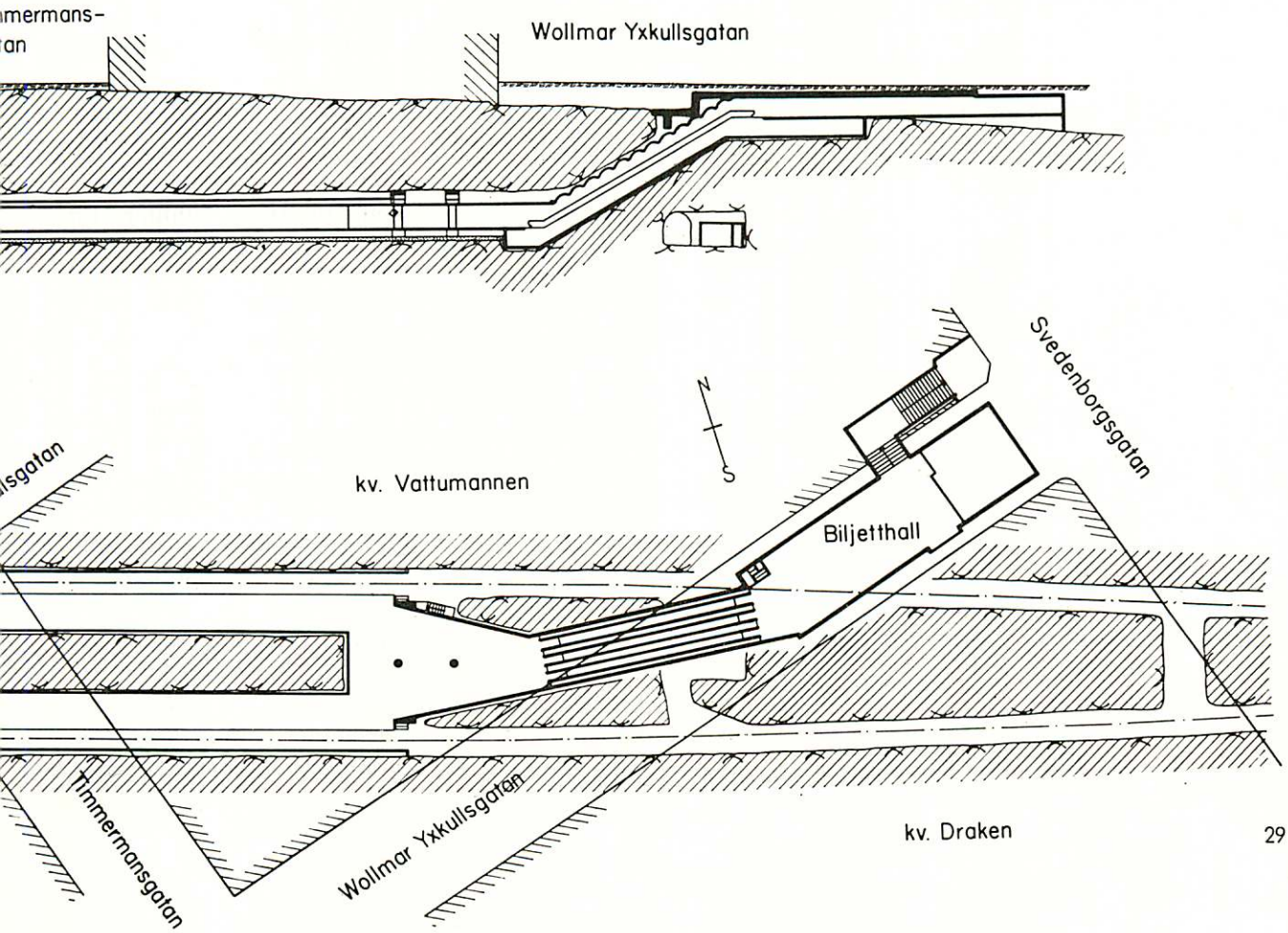


trappor och en gångtunnel har byggts under Birger Jarlsgatan. Denna gångtunnel har för närvarande provisoriska uppgångar i Birger Jarlsgatans västra gångbana men i samband med en framtida ombyggnad av kv. Pumpstocken skall uppgångarna förläggas inom detta kvarter och gångtunneln fortsättas genom kvarteret på sådant sätt att den via Biblioteksgatan underlättar förbindelsen med Norrmalmstorg.

Byggandet av biljetthallen och de omfattande butiks- och lagerutrymmen som utförts i anslutning till hallen komplicerades av att definitiva uppgifter inte kunde erhållas om de förändringar av stadsplanen som skall företas inom detta område. I samråd med stadsbyggnadskontoret utfördes därför pelarplacering och pelardimensioner så, att biljetthallens pelare kan bära belastningen från en framtida bebyggelse över biljetthallen.

Vid uppgången mot Östermalmstorg har det ansetts mest lämpligt att förse rulltrappsschaktet med ett vilplan på halva höjden. Detta vilplan har utformats så, att den framtida tredje stationsplattformens rulltrappor kan anslutas. För att kunna förlägga biljetthallen vid Östermalmstorg var det nödvändigt att låta rulltrapporna utgå från stationsplattformens mitt. Denna rulltrappsplacering medförde att en del av den stödjande bergväggen i stationens mittlinje måste sprängas bort och ersättas med komplicerade vägg- och valvförstärkningar av betong. Liknande placering av rulltrapporna har använts vid stationerna Zinkensdamm och Midsommarkransen. Den är visserligen fördelaktig från driftsynpunkt med hänsyn till trafikkanternas fördelning i tågen, men har visat sig medföra så stora byggnadstekniska svårigheter att man vid den fortsatta utbyggnaden av banan undvikit denna utformning. Från stationens östra plattformsände går två hissar utsprängda i separata schakt, som lutar ca 56° mot horisontalplanet, upp till biljetthallen. När den tredje stationsplattformen sprängs ut, kan en liknande hiss anordnas från denna plattform.

Efter Östermalmstorg fortsätter banan i bergtunnlar mot *Karlaplan*, där nästa bergstation byggts. Den ligger under kv. Fältöversten och har en uppgång mot Karlaplan och en mot Valhallavägen. Nästa bergstation ligger under *Gärdeshöjden* och har uppgångar mot Brantingsgatan och i närheten av Smedsbacksgatan. Efter denna station, som för närvarande är slutstation, fortsätter banan fram till Tegeluddsvägen för att möjliggöra vändning av tågen. Om det framdeles skulle visa sig lämpligt, kan banan förlängas på en viadukt över Lidingövägen och Värtabanans spår samt fortsätta i bergtunnel under Hjorthagen till en ändstation vid Rop-



sten. Möjlighet finns även att fortsätta banan via en ny bro över till Lidingö.

Efter station Slussen fortsätter den andra banan i en dubbelspårstunnel som böjer av i en vid kurva mot väster och efter ca 75 m passerar under en i berget byggd viadukt, som uppbär den första tunnelbanans norrgående spår. Ytterligare ca 200 m västerut passerar sydvästbanan i en sned korsning under SJ:s gamla spårtunnel, som uppbäres av ett ca 60 m långt betongvalv. Dubbelspårstunneln går sedan vidare mot väster för att strax före station Mariatorget övergå i två enkelspårstunnlar. Berget är på hela denna sträcka liksom i huvudsak under hela Södermalm av god beskaffenhet. Bergförstärkningar beroende på dåligt berg förekommer endast på ett fåtal ställen, men har då i stället förorsakat stora byggnadstekniska svårigheter.

Station Mariatorget är på samma sätt som station Fridhemsplan på första banan uppdelad i två plattformstunnlar, som står i förbindelse med varandra genom tre tvärtunnlar, en i varje ände och en på mitten. Mittentvärtunneln är dels avsedd för en pressbyråkiosk, dels som gångförbindelse. Från ändtvärtunnlarna för rulltrappor upp till de två biljetthallarna. Östra biljetthallen är placerad under Wollmar Yxkullsgatan med tills vidare endast en trappuppgång mot gatan i kvarteret Vattumannen 22, men hallen har utformats så att man i samband med ombyggnad av hörnfastigheten i kvarteret Draken skall kunna utföra en trappa även där. Den västra biljetthallen har lagts i bottenvåningen på en nybyggnad i kvarteret Hagen 23 med utgång mot Torkel Knutssonsgatan. Då rulltrappsschaktet genom denna förläggning skär snett över den västgående spårtunneln har man fått ett kraftigt genomslag mellan de två tunnlarna, och omfattande bergförstärkningar har måst utföras. För att göra det möjligt att bygga denna uppgång måste tre äldre, saneringsmogna fastigheter rivas (fig. 5:22).

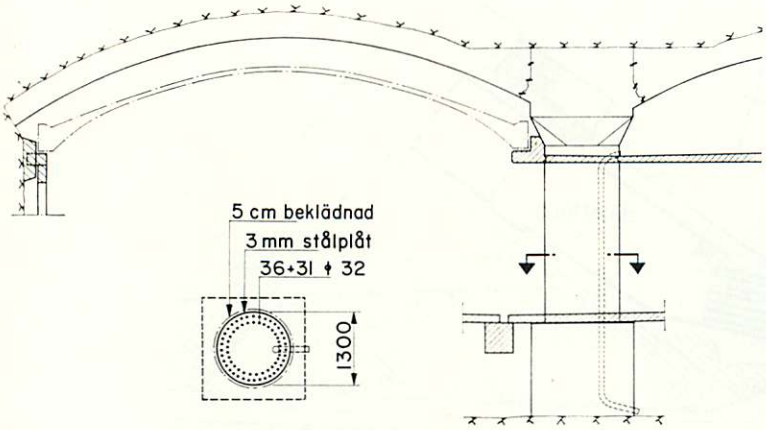


Fig. 5:23. Armerad betongpelare med stålmantel.

Med hänsyn till ett par besvärliga svackor i berget väster om station Mariatorget måste banan omedelbart efter stationen dyka ca 5 m och har dessutom lagts i enkelspårstunnlar ända fram till nästa station. Mellan spårtunnlarna har man omedelbart väster om stationen lagt in ett övergångsspår i en snedtunnel, där bergets dåliga beskaffenhet framtvingat relativt omfattande bergförstärkningar i form av en betongvägg fastbultad i berget.

För att få ett tillräckligt antal angreppspunkter för arbetena och samtidigt lämpliga utlastningsvägar har man på Södermalm anlagt tre transporttunnlar. Den första är ca 30 m lång, utgår från SJ:s gamla spårtunnel och ligger mitt under Götgatan. Inslaget för den andra placerades i Torkel Knutssonsgatans västra ramp strax söder om Lundabron. Den är ca 150 m lång, har en lutning av ca 1:7 och når tunnlarna ungefär mitt under korset Götgatan—Rosenlundsgatan. Denna tunnel är även avsedd att permanent betjäna T-banan dels som ventilationsschakt, dels som kabelkulvert för strömförsörjningen från likriktarstationen vid Lundabron. För den tredje transporttunneln valdes inslaget från Maria Bangata i en bergklack under Hornsgatan. Den går under kvarteren Drakenberg och Släggan för att träffa spårtunnlarna under Brännkyrkagatan strax söder om Högalidskyrkan. Även denna tunnel kommer att permanent användas som ventilationstunnel för tunnelbanan.

Station Zinkensdamm är liksom Mariatorget uppdelad i två parallella plattformstunnlar. Då man här valt att låta rulltrappsschaktet träffa plattformarna ungefär på mitten, finns endast en tvärtunnel genom mittväggen. Denna har dock fått den avsevärda bredden av ca 20 m. Eftersom det valda spåravståndet tyvärr ej medgivit någon kvarstående bergpelare mellan spårtunnlar och rulltrappsschakt, har allt berg måst sprängas bort inom ett område med en längd av ca 45 m och en bredd av ca 28 m och med varierande höjd. För att bära det kvarliggande bergtaket har man därför fått bygga dels ca 1,0 m tjocka väggar, som innesluter rulltrappsschaktet, dels 6 st pelare i plattformsplanet framför rulltrappan. Dessa pelare har konstruerats för en last av ca 3000 ton och utförts med stålmantel kring en armerad betongkärna. De har beräknats som spiralarmerade pelare, varvid

stålmanteln antagits utgöra spiralarmeringen, och har därigenom kunnat ges en ytterdiameter av endast 1,3 m. Berglasten överföres till pelare och väggar via kontinuerliga betongvalv från bergvägg till bergvägg. Samma typ av pelare har även använts på stationerna Mariatorget och Hornstull (fig. 5:23).

Vid utsprängningen av rulltrappsschaktet visade det sig, att bergets kvalitet inom stora delar var betydligt sämre än beräknat, varför arbetsutförandet blev betydligt mer besvärligt och tidsödande än man hade tänkt sig. Konstruktionerna behövde dock ej ändras i någon större omfattning. Det enda som tillkom var ett par extra förstärkningsvalv utöver de från början projekterade.

Station Hornstull är utformad på samma sätt som station Mariatorget. Stationen ligger till större delen i Brännkyrkagatan och har uppgångar mot Långholmsgatan och i Högalidsparken intill Varvsgatan. Stationens sydvästra del går in under kv. Släggan nr 14 och för att möjliggöra för denna fastighet att vid en framtida nybyggnad gå ned med grundläggningen till nivån +6,0 har omfattande betongförstärkningar av bergtaket utförts inom denna del av stationen.

För plattformsbyggandet vid samtliga tre Södermalmsstationer har använts förtillverkade betongelement, vilka monterats ihop på platsen. Grundplintar, avvisarbalkar längs spårens yttersida, pelare samt takvalv har däremot gjutits på plats, varvid man strävat efter att så mycket som möjligt använda samma formelement ett flertal gånger (fig. 5:24).

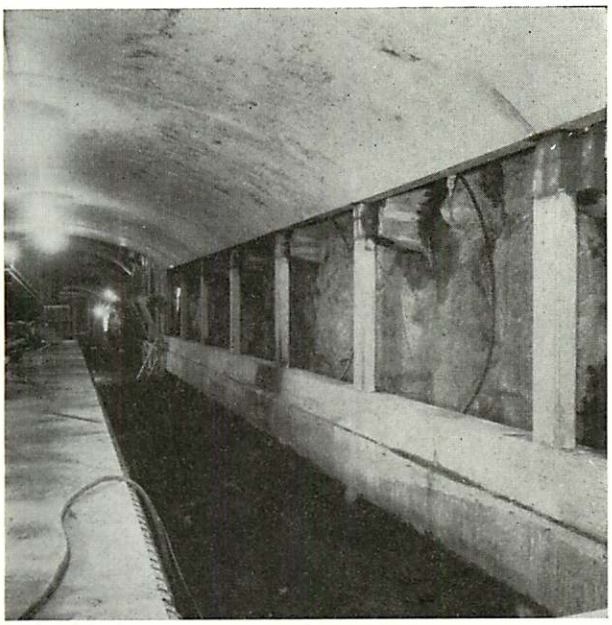


Fig. 5: 24. Stationsbyggnad i bergrum.

Fig. 5:25. Bogsering av betongtunnel för Liljeholmsviken.

Efter station Hornstull sänker sig banan i maximilutning för att kunna passera under Liljeholmsviken på det djup som erfordras med hänsyn till sjöfarten. *Tunneldelen under Liljeholmsviken* är utförd som en dubbelspårstunnel av förspänd betong. Den har byggts i docka vid Beckholmen och utförts i två delar med 85,0 resp. 38,0 meters längd. Tunneldelarna har efter gjutningen bogserats till tunnelläget (fig. 5:25) där de hopfogats och sänkts ned på i förväg iordninggjorda stöd. Tack vare förspänningen har tunneln kunnat göras vattentät utan att förses med någon speciell vattenisolering.

Från Liljeholmsviken går banan i en bergtunnel, vars första del framförts i dåligt berg och med liten bergtäckning varför omfattande förstärkningsarbeten måst vidtagas. I ett lågparti i berget var det nödvändigt att bygga en tunnel av betong på en sträcka av ca 75 m.

Vid Liljeholmsvägen, som framföres på viadukt över banan börjar *station Liljeholmen* som är en fyrspårig ytstation. För trafikanterna från bebyggelsen på Nybohovsberget har man från biljetthallen, som ligger på en plattform över spåren, ordnat en gångbro fram till en hissbana i lutning 1:6,15 och med 38 meters lyfthöjd. Vid bergtunnelinslaget efter stationen har omfattande förstärkningsarbeten utförts och i samband med

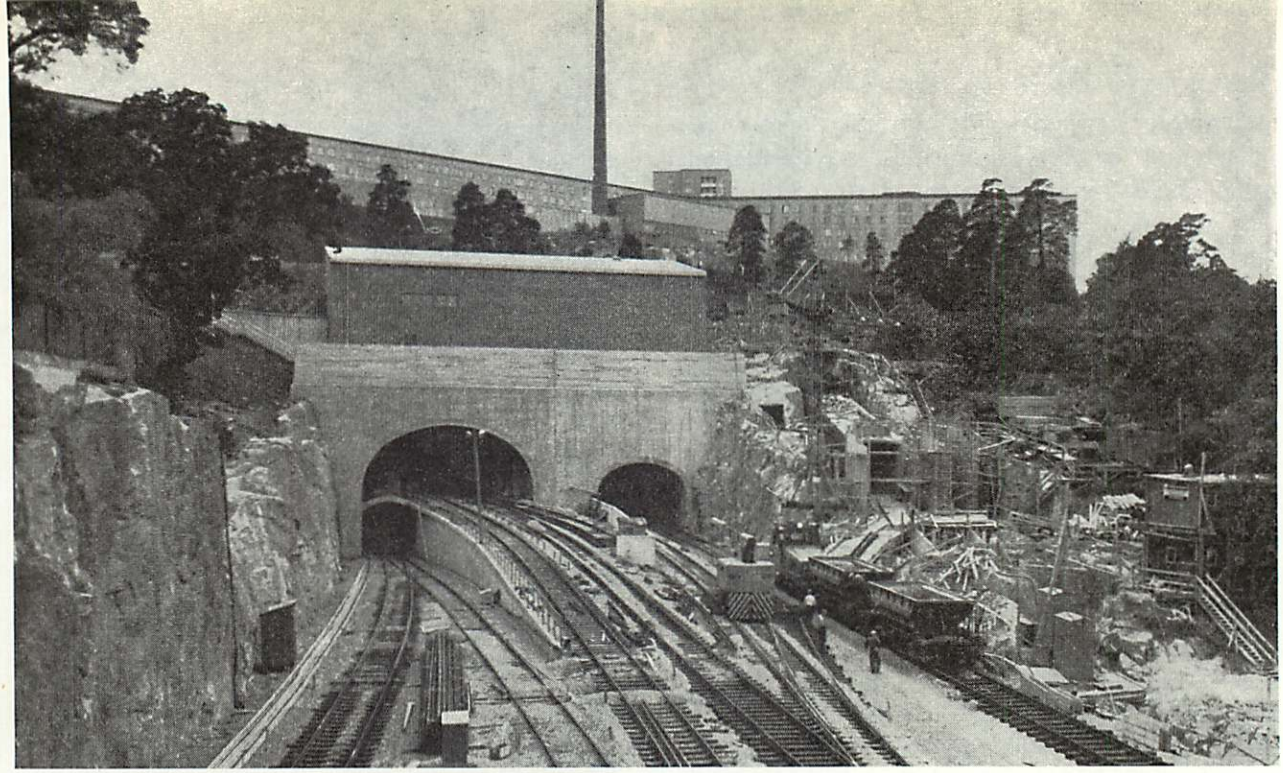


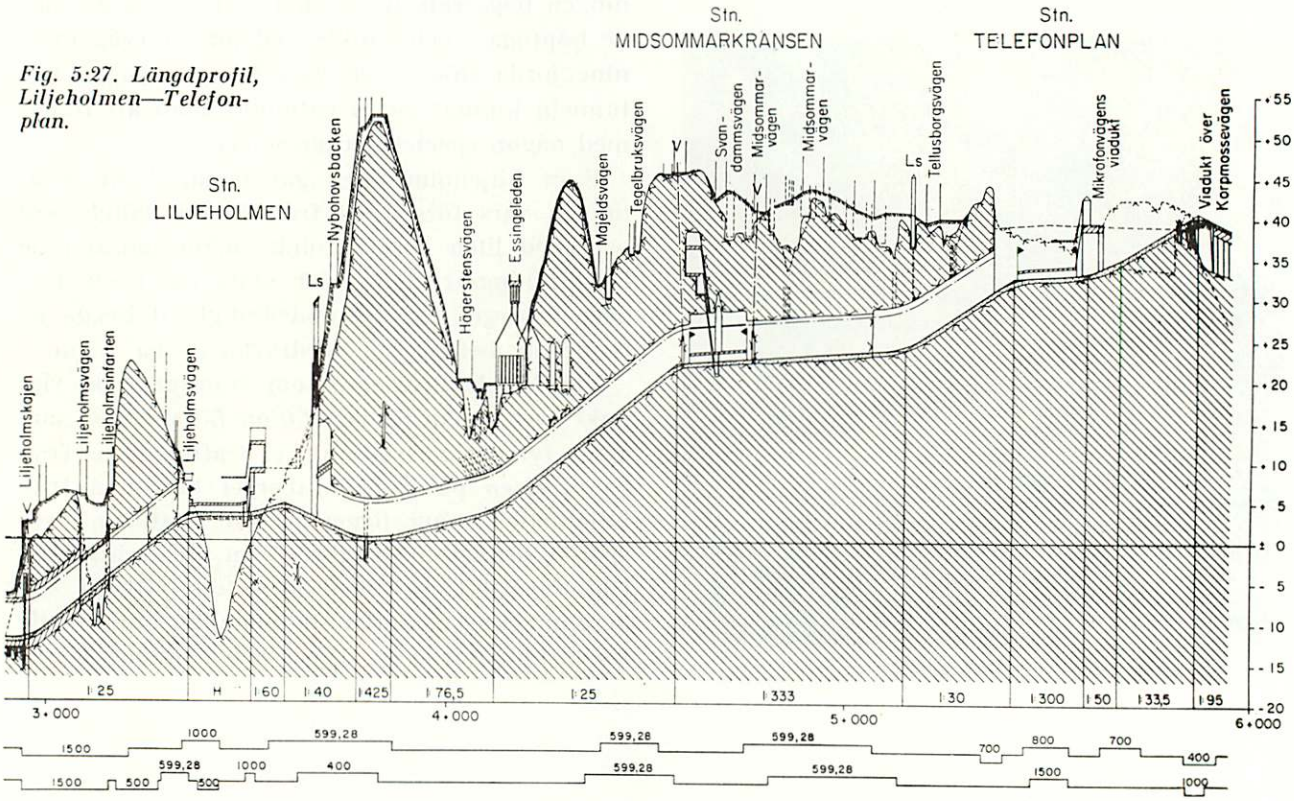
Fig. 5:26. Tunnelinslag vid Station Liljeholmen.

dessa förstärkningar har en likriktar- och transformatorstation utförts (fig. 5:26). Under Nybohovsberget har ett omfattande tunnelsystem utförts. Det har till uppgift att dels åstadkomma en förgrening av banan mot Fruängen och en mot Mälarhöjden—Sätra—Vårberg, dels ordna förbindelsen mellan vagnhallen söder om Hägerstensvägen och de båda grenlinjerna. Vagnhallsspåret går ur berget och förs på viadukt över Hägerstensvägen till hallen under det att de båda grenlinjerna fortsätter i bergtunnlar. De båda grenlinjernas läge i plan framgår av översiktskartan.

Den första stationen på Fruängsbanan, vars profil framgår av (fig. 5:27 o. 5:28) ligger i berget under *Midsommarkransen*. Från stationsplattformen leder en mittuppgång till en biljetthall som även utförts helt i berg och från denna går uppgångar till Svandammsvägen vid Midsommarparken och till Tegelbruksvägen.

Nästa station på denna bana är en ytstation vid *Telefonplan* utförd i en bergskärning kompletterad med omfattande stödmursarbeten (fig. 5: 29). Även övriga stationer på Fruängsbanan — stationerna *Hägerstensåsen*, *Västertorp* och *Fruängen* — är ytstationer. Den sistnämnda är

Fig. 5:27. Längdprofil, Liljeholmen—Telefonplan.



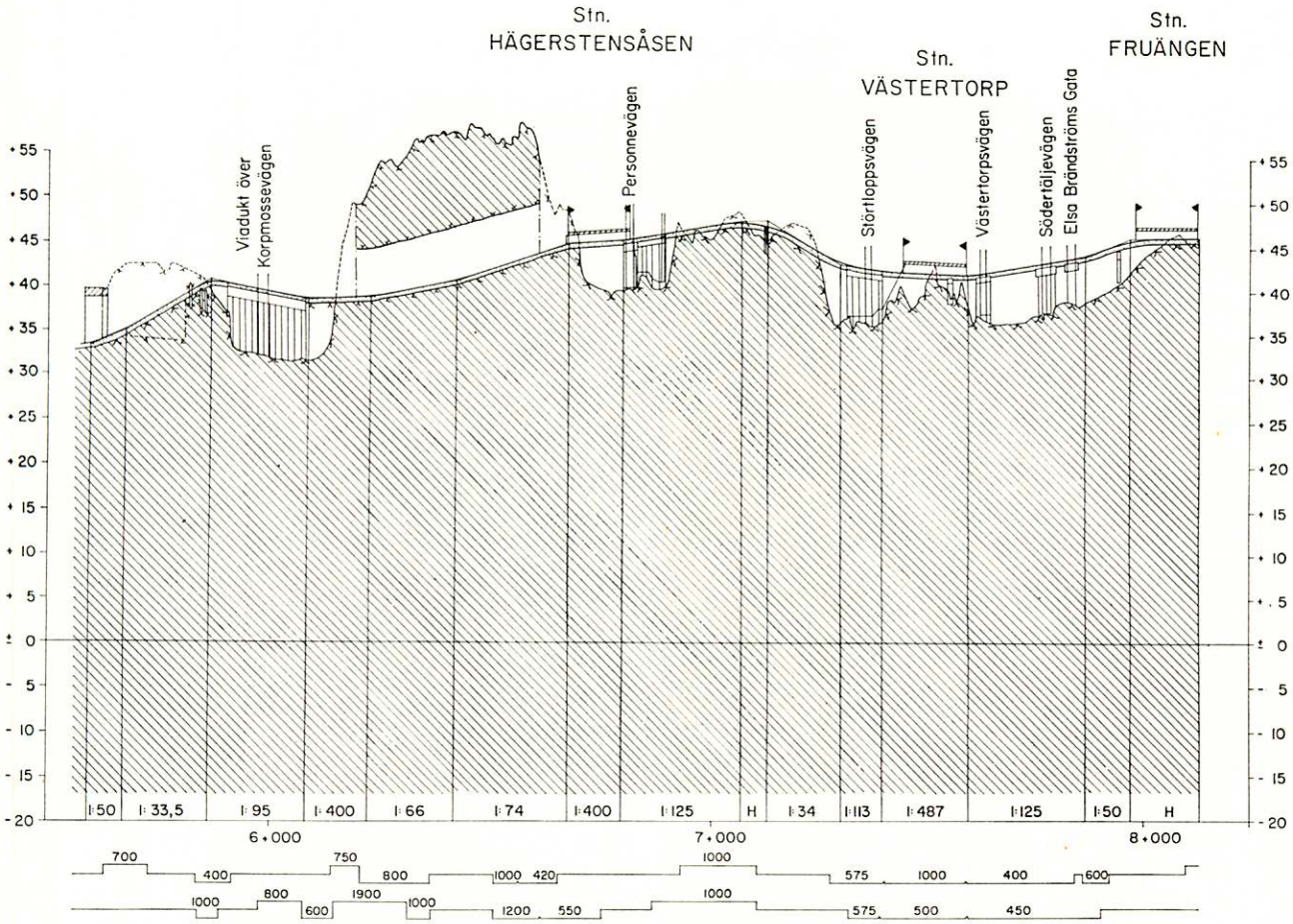


Fig. 5:28. Längdprofil Telefonplan—Fruängen.

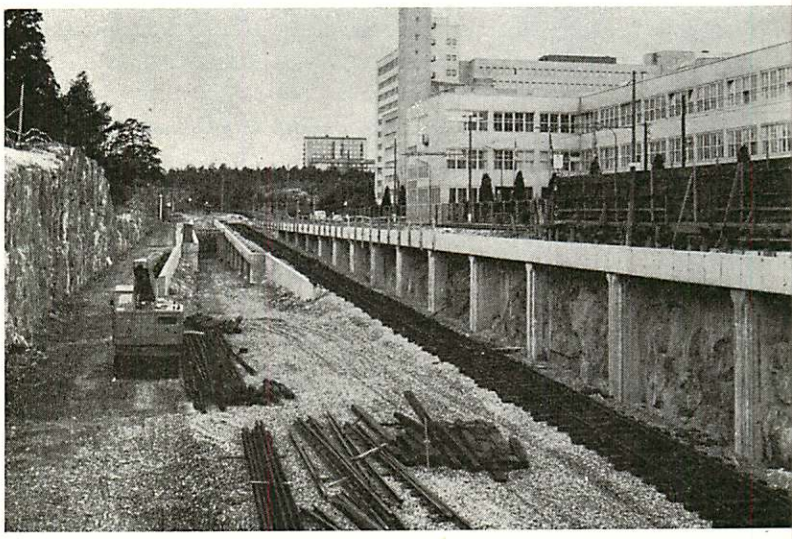
för närvarande banans slutstation, men är byggd så, att banan kan förlängas om så erfordras. Mellan stationerna Västertorp och Fruängen går banan på viadukt över Södertäljevägen.

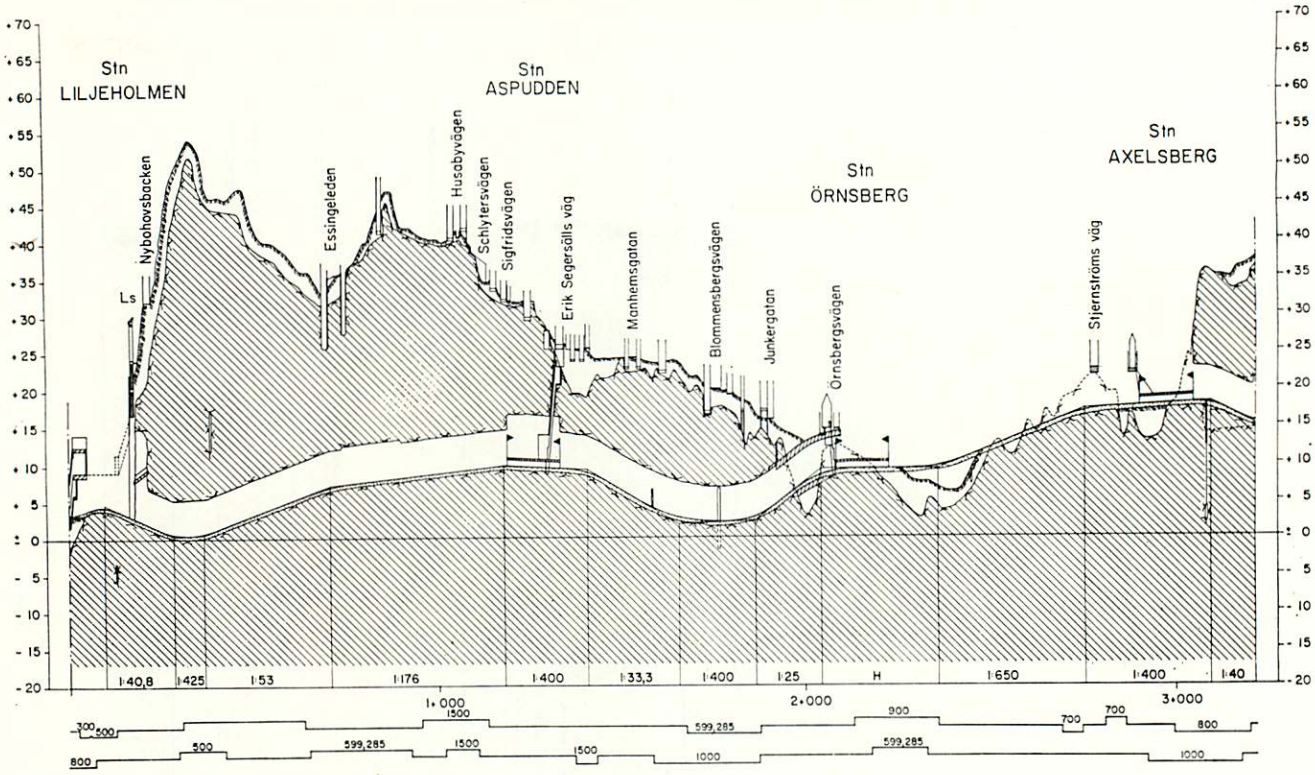
Profilen för banan Liljeholmen—Sätra framgår av (fig. 5:30 och 5:31). På denna bandel finns två tunnelstationer i berg, stationerna *Aspudden* och *Mälarhöjden*, utförda på traditionellt sätt. Fyra stationer: *Örnsberg*, *Axelsberg*, *Sätra* och *Vårberg* är ytstationer belägna i bergskärning som kompletterats med stödmurskonstruktioner. Vid Bredäng ligger banan på två ca 180 meter långa viadukter och *station Bredäng* har byggts på en viaduktkonstruktion mellan de båda spårviadukterna. Konstruktionen utformning framgår av fig. 5:32. På en sträcka av ca 150 m efter viadukten ligger banan på en bank som med en höjd av ca 10 m är den högsta bank som hittills utförts för tunnelbanan. Ovanligt nog ansågs det ur stadsplanesynpunkt vara estetiskt mer tilltalande med bank än med fortsatt viaduktkonstruktion och då bankutfyllnad även från ekonomisk synpunkt var fördelaktigare lades banan givetvis på bank på denna sträcka.

Vid den stora centrumbildningen i *Skärholmen* ligger både banan och stationen i ytläge. Från stadsplanesynpunkt har det dock ansetts lämpligt att omge banan och stationen på en sträcka av ca 420 m med en betongkonstruktion som ger utrymme för vissa butiks- och lagerutrymmen och samtidigt åstadkommer en terrassbildning som förmedlar övergången mellan Skärholmens centrum och de norr därom belägna delarna av Skärholmen. Utförandet av denna terrassbyggnad försvåras av den dåliga undergrunden inom området.

Station Vårberg är slutstation för denna bana.

Fig. 5:29. Stödmurskonstruktion vid station Telefonplan.





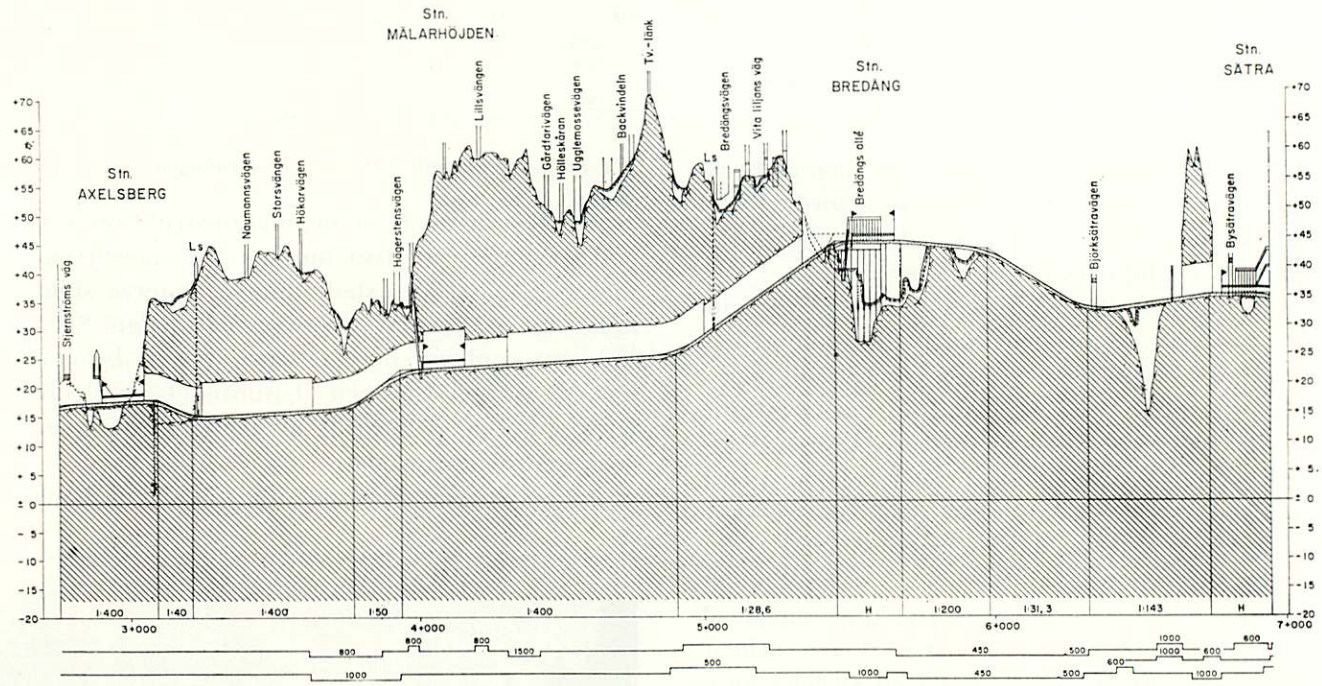


Fig. 5:30 (överst). Längdprofil Liljeholmen—Axelsberg.

Fig. 5:31 (därunder). Längdprofil Axelsberg—Sätra.

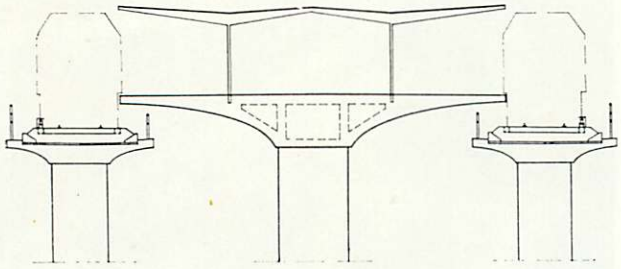


Fig. 5:32. Station Bredäng. Tvärsektion.

Även här finns dock möjlighet att förlänga banan om det i framtiden skulle visa sig lämpligt.

För att minska den allt mer tätnande biltrafiken i stadens centrala delar har man sedan den första tunnelbanan tagits i bruk försökt locka biltrafikanterna att i större utsträckning utnyttja T-banan. Man har därför ordnat särskilda infartsparkeringar där bilisterna kan lämna bilen och fortsätta mot stadens centrala delar med tunnelbana. Sådana infartsparkeringar planeras även för den sydvästra tunnelbanan vid stationerna Liljeholmen, Sätra och Skärholmen.

Kap 6 BROAR OCH VIADUKTER

Plankorsningar mellan gatutrafik och tunnelbanetrafik får, som tidigare framhållits, ej förekomma. I ytterområdena, där tunnelbanan som regel framgår på öppen banvall, har detta för de båda hittills utförda tunnelbanelinjerna gjort att man måst bygga mer än hundratalet viadukter. Vanligen går banan ovanför vägen (fig. 6: 1 och : 2), men i ett mindre antal fall är det tvärtom. Tunnelbanan passerar vidare fyra broar över vatten nämligen Tranebergsbron, S:t Eriksbron, Tunnelbanebron över Söderström samt högbron vid Skanstull.

Viadukt- och brobyggnadernas omfattning framgår kanske bäst vid en jämförelse med de båda tunnelbanelinjernas totala längd, som är 62,9 km. Härav utgör viadukterna 5,6 km och broarna 1,5 km, dvs. sammanlagt 7,1 km. I det

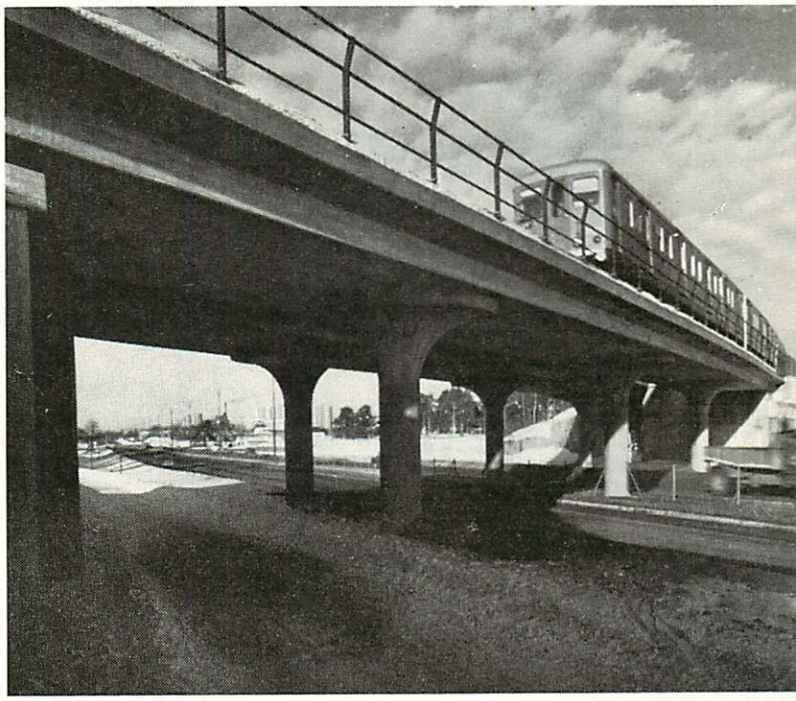
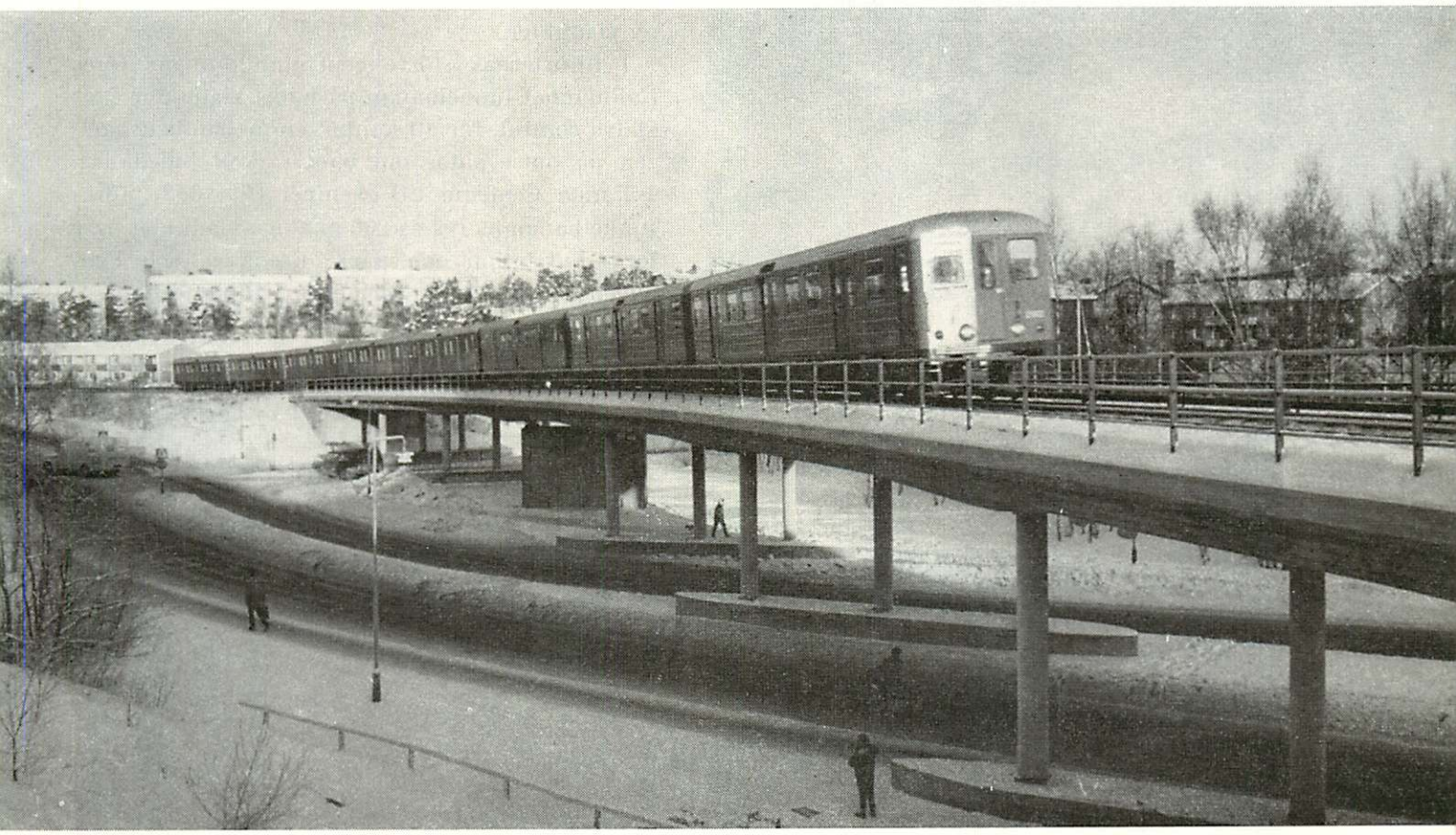


Fig. 6:1 (t.h.). Viadukt över Bergslagsvägen

Fig. 6:2 (nedan). Viadukt över Malmövägen



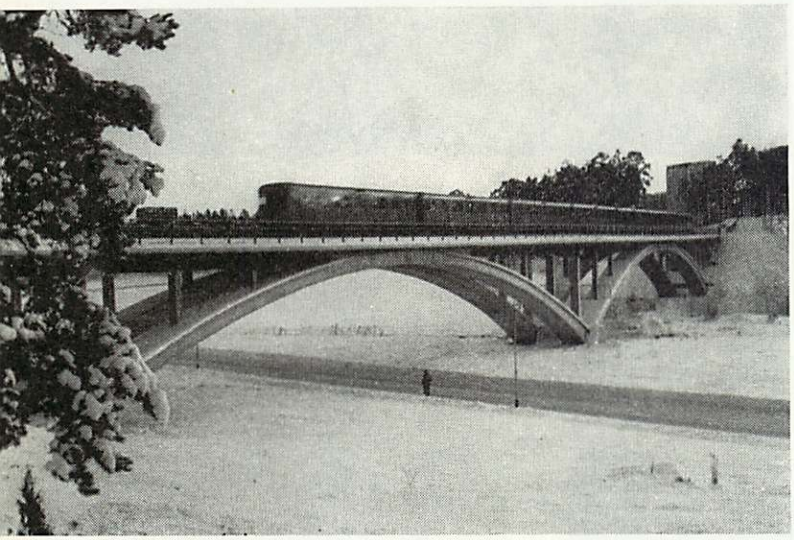


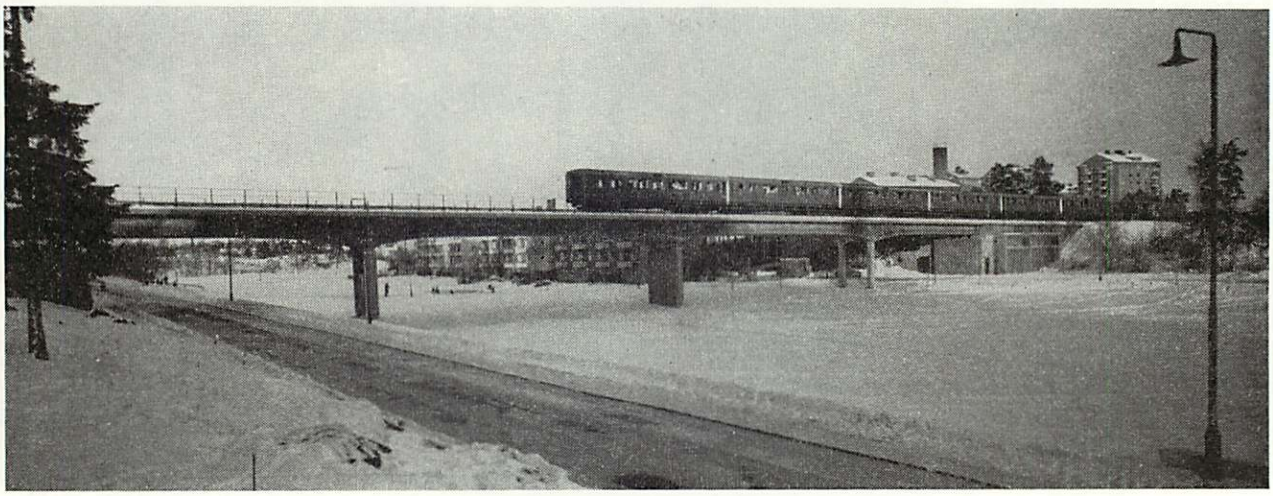
Fig. 6:3 (ovan). Viadukter vid Farsta centrum

Fig. 6:4 (t.v.). Betongbågar över Råcksta träsk

Fig. 6:5 (nedan). Viadukt över dalgången mellan Björkhagen och Kärrtorp

närmaste 12 % av tunnelbanan utgöres sålunda av viadukter.

I förorternas större centrumbildningar föres i allmänhet tunnelbanan på långa viadukter över själva centrat, för att kontakten mellan bebyggelsen på ömse sidor om banan skall bibehållas. I Farsta Centrum till exempel (fig. 6: 3), föres tunnelbanan på två ca 200 m långa viadukter över torg, busstation och park. Bredängs och Fruängens centra har utformats på liknande sätt.



I några fall har man velat bevara öppenheten hos vissa, särskilt vackra dalgångar och därför låtit banan korsa dem på viadukt istället för på en hög bank. Så har bland annat skett vid Råcksta träsk (fig. 6: 4), dalgången mellan Björkhagen och Kärrtorp (fig. 6: 5), mellan Gubbängen och Hökarängen (fig. 6:7) samt mellan Rågsved och Hagsätra (fig. 6:6).

I de nya förortsområdena har man eftersträvat att ordna från gatutrafiken skilda gångstråk, varför man fått bygga ett relativt stort antal gångtunnlar under gator. Där dessa gångstråk korsar tunnelbanan har gångtunnlar (fig. 6: 8) eller gångviadukter (fig. 6: 9), anordnats.

Viadukterna är i regel byggda av betong, vilket i allmänhet ställer sig billigare än stål. Härtill kommer mindre underhåll och, vilket i tätbyggda områden är av stor betydelse, väsentligt lägre bullernivå.

Konstruktionstyperna omfattar nästan hela registret från fritt upplagda eller kontinuerliga plattor och balkar, plattramar, lådbalkar (fig. 6:5) och bågar (fig. 6:6) till förspända konstruktioner (fig. 6:10).

I några fall, där banan korsar större trafikleder under spetsig vinkel, uppbärs vardera spåret av en viadukt som vilar på en enda centrisk pelarrad. Härigenom har sned uppläggning av

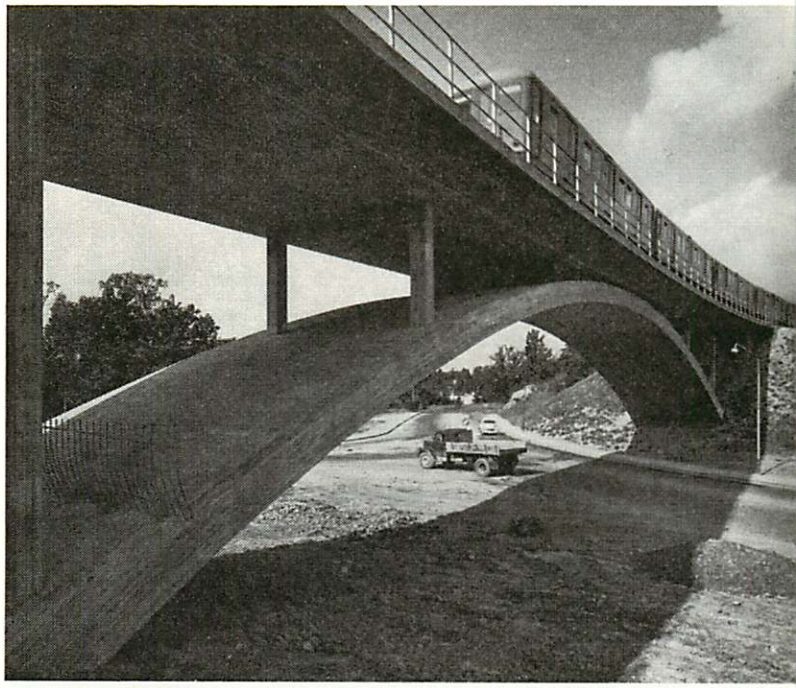
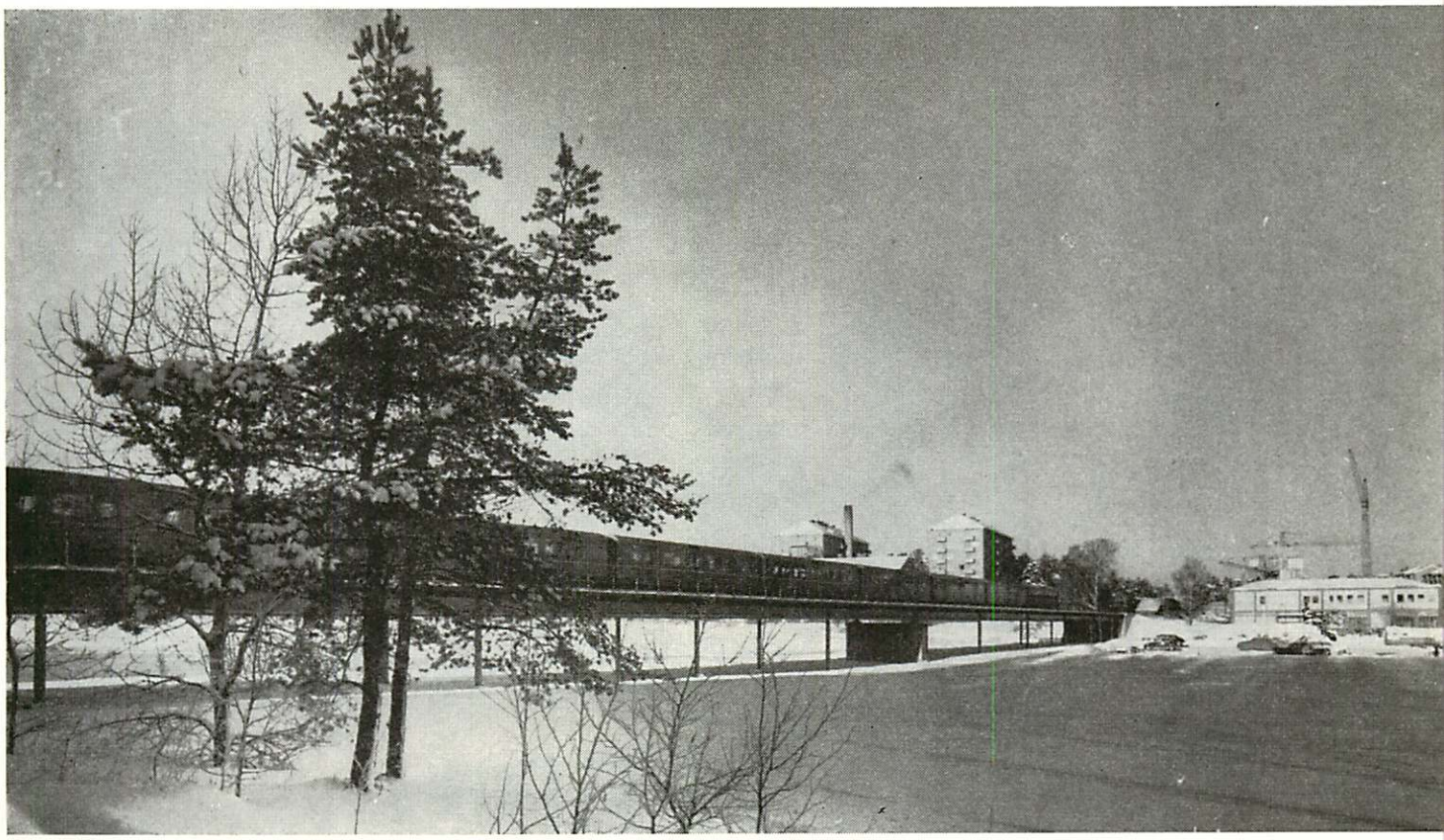


Fig. 6:6. Betongbåge för Hagsätrabanan

Fig. 6:7. Viadukt över dalgången mellan Gubbängen och Hökarängen



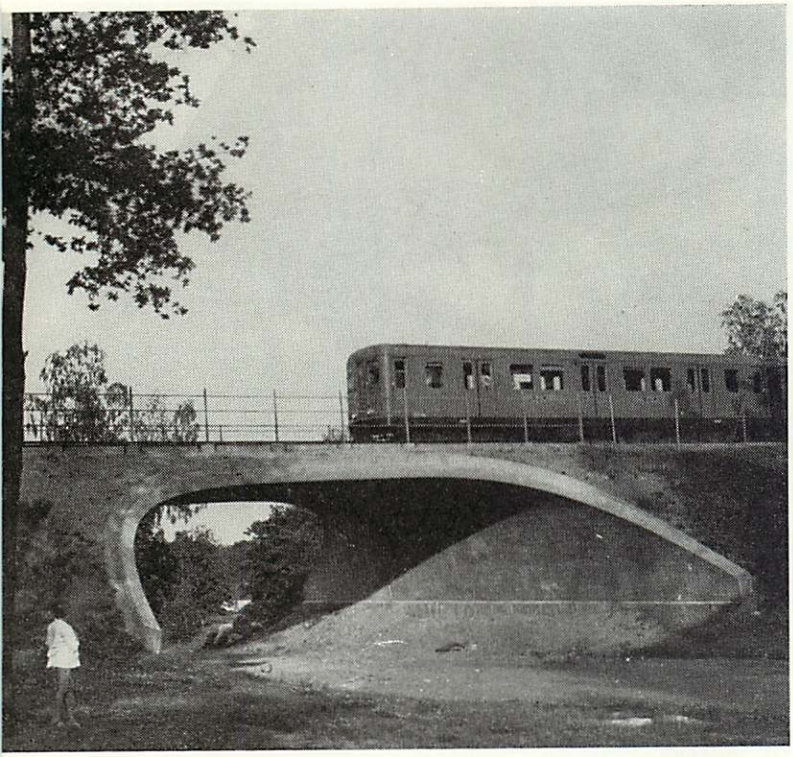


Fig. 6:8. Gångtunnel utformad som elliptiskt skal

den kontinuerliga plattan kunnat undvikas, vilket med hänsyn till de då föga utvecklade beräkningsmetoderna för denna konstruktionstyp var önskvärt.

Förspänning har förekommit i huvudsak för att minska konstruktionshöjden, såsom till exempel vid viadukten över Hägerstensvägen för vagnhallsspåren (fig. 6:10). Sedan tunnelbanan passerat under Liljeholmsviken går spåret trots den pressade tjockleken likväl i maximilutning upp mot viadukten.

Vid stålviadukter läggs spåret på syllar direkt på konstruktionen, medan vid betongviadukter spåret i allmänhet läggs på ballast, vilket ur underhålls- och justeringssynpunkt är lämpligast. Vid större spännvidder har man i några fall lagt sliprarna med gummimellanlägg direkt på konstruktionens skyddsbetong, där de inpassas mellan betongklackar.

Tranebergsbron (fig. 6:11 och 12) har en längd av 580 m och en maximal spännvidd av 181 m — på sin tid världens största betongbågspann. Vid sidan av tunnelbanan uppbär den en 19 m bred gatutrafikled. Med undantag för de stålbalkar som uppbär farbanedäcket är den utförd helt i betong. Den öppnades för trafik 1934.

S:t Eriksbron (fig. 6:13 och 14). Under åren 1935—37 företogs en ombyggnad och en breddning av den gamla, år 1906 färdigställda gatubron, varvid brobana och stålöverbyggnad utbyt-

Fig. 6:9. Gångviadukt över tunnelbanan vid Hässelby Strand

tes mot helt nya konstruktioner. Den nya bron utfördes därvid på ett sådant sätt, att det i en undre våning kunde beredas plats för en blivande tunnelbana. De båda innersta av gatubrons sex huvudbalkar placerades på så stort avstånd från varandra att tunnelbanan skulle få rum mellan dem och däcket mellan huvudbalkarna lät man uppbäras av ett tvärbalkssystem med minsta möjliga konstruktionshöjd. Vidare försågs de nya betongpelarna med ett försänkt mittparti som svarade mot det fria rummet för tunnelbanan samt med upplagspallar för banans framtida huvudbalkar.

Vid denna tidpunkt förelåg inte något formellt beslut om en tunnelbana på Norr, och ännu mindre var det klart att en eventuell tunnelbana skulle komma att gå fram i S:t Eriksbrons sträckning. Genom att det visade sig möjligt att utan någon nämnvärd merkostnad hålla möjligheten öppen att hit förlägga en tunnelbanebro, blev det beslutat att man skulle göra detta. Genom denna åtgärd av klok förtänksamhet inbesparades den avsevärda kostnaden för ännu en omfattande ombyggnad av gatubron i samband med tunnelbanans framdragande.

Tunnelbanebron (fig. 6: 14) har två 2,3 m höga svetsade huvudreglar och mellan dem tvärbalkar, som uppbär ett trågformat betongdäck, på vilket spåröverbyggnadens ballast vilar. Brons totala längd är 225 m, och största spannet 40 m. Att spåren har förlagts i ballast i stället för att låta

Fig. 6:10. Viadukt över Hägerstensvägen för vagnhallsspår

Fig. 6:11. Tranebergsbron

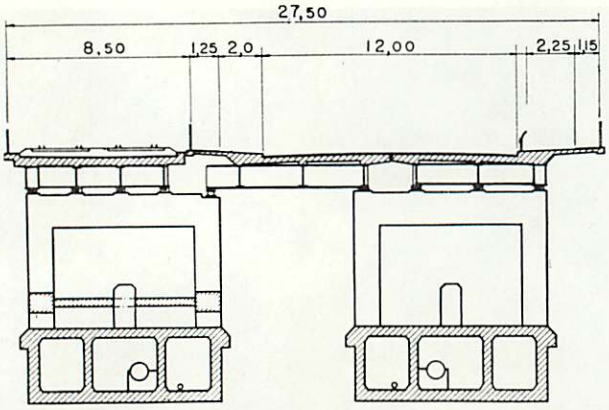


Fig. 6:12 (ovan). Tranebergsbron, tvärsektion

Fig. 6:13 (nedan). S:t Eriksbron

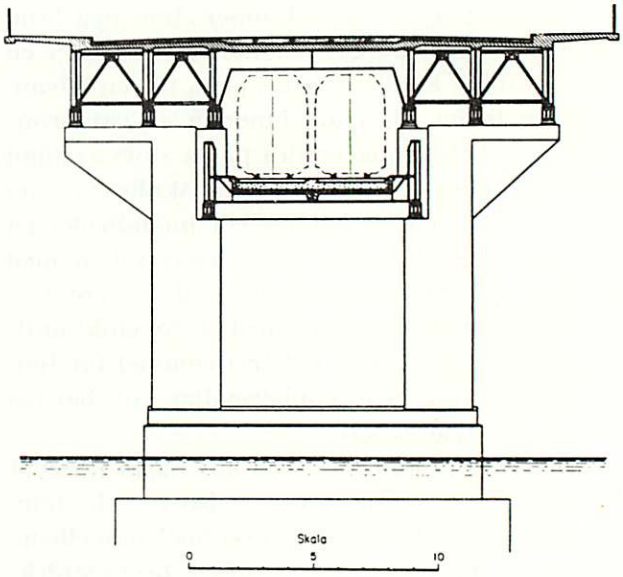
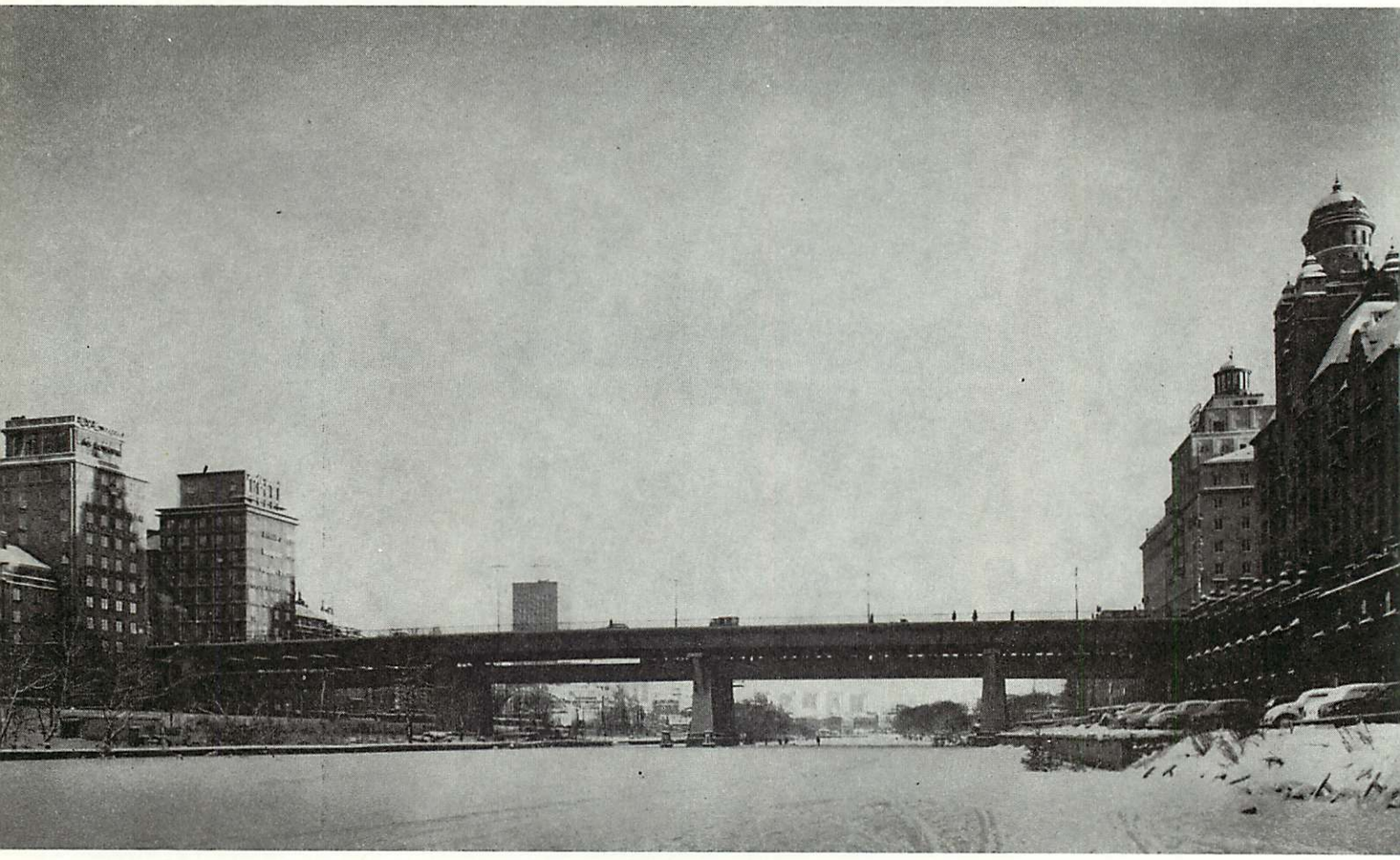


Fig. 6:14. S:t Eriksbron, tvärsektion

sliprarna vila direkt på stålkonstruktion berodde på önskemålet att nedbringa trafikbullret i mesta möjliga mån av hänsyn till den närliggande bebyggelsen.

Tunnelbanebron över Söderström (fig. 6:15) har i stort sett samma planläge som den tidigare, nu rivna järnvägsbron, men bredden är ungefär den dubbla. De omkring 80 år gamla träpålarna från järnvägsbrons grundläggning har visat sig vara fullt friska och bärkraftiga och har därför kunnat utnyttjas för de nya brofundamenten, men de har kompletterats med dels ytterligare träpålar, dels betongfyllda stålrörspålar. Bron har



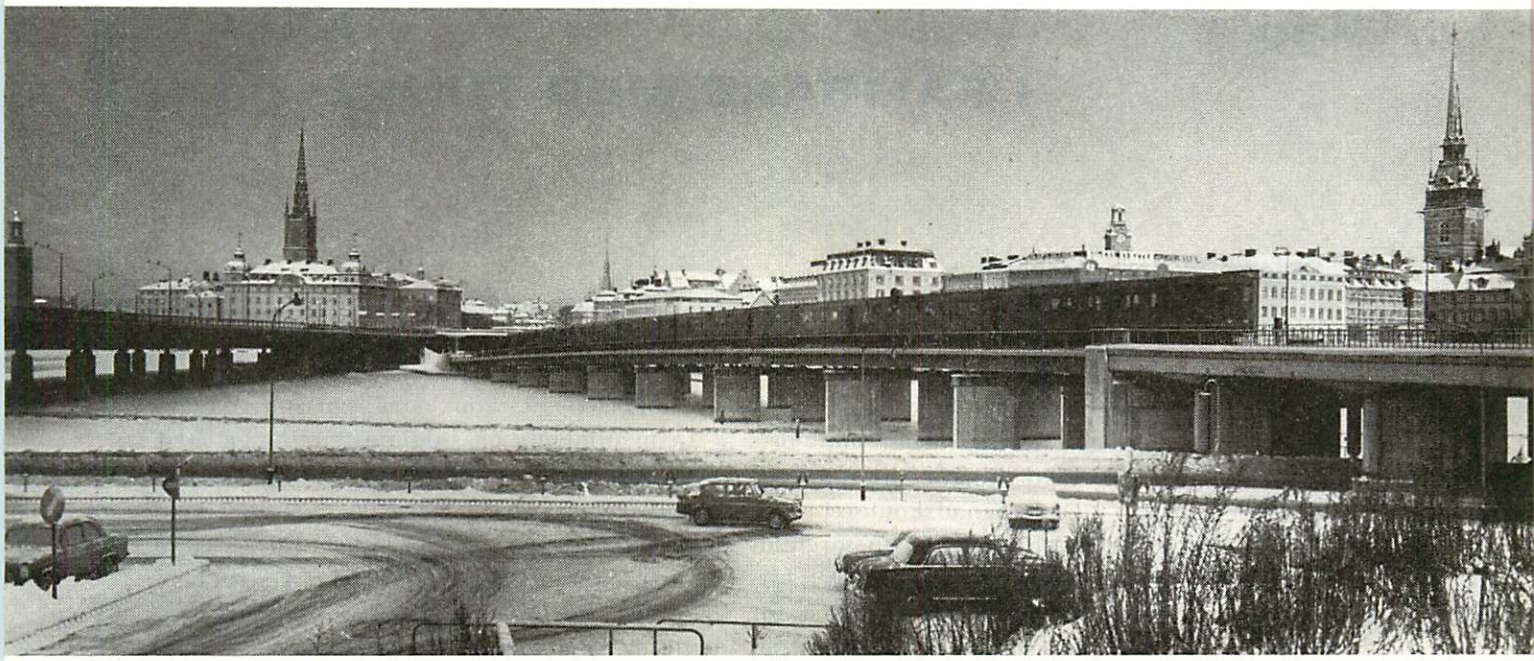


Fig. 6:15. Tunnelbanebron över Söderström

en längd av 172 m. Största spännvidden är 21,2 m och fria höjden under sjöfartsöppningen 5,4 m. Brons bärande stålkonstruktion består av tio svetsade långbalkar med inemot 1,0 m höjd, vilka direkt uppbär sliprar och spår. Samtliga lager är justerbara i såväl höjd- som sidled för att man skall kunna kompensera ev. sättningar.

Skanstullsbron (fig. 6:16) består av en tunnelbanebro och en 26,3 m bred gatubro vid sidan av denna. Bron är utförd helt i betong och har en längd av 574 m och en fri höjd över medelvattenytan i Hammarbyslussen av 32 m. Spännvidderna varierar mellan 20 och 29 m utom över hamnbangården på Södermalm, över vilken ett bågspann med ca 110 m spännvidd utförts.

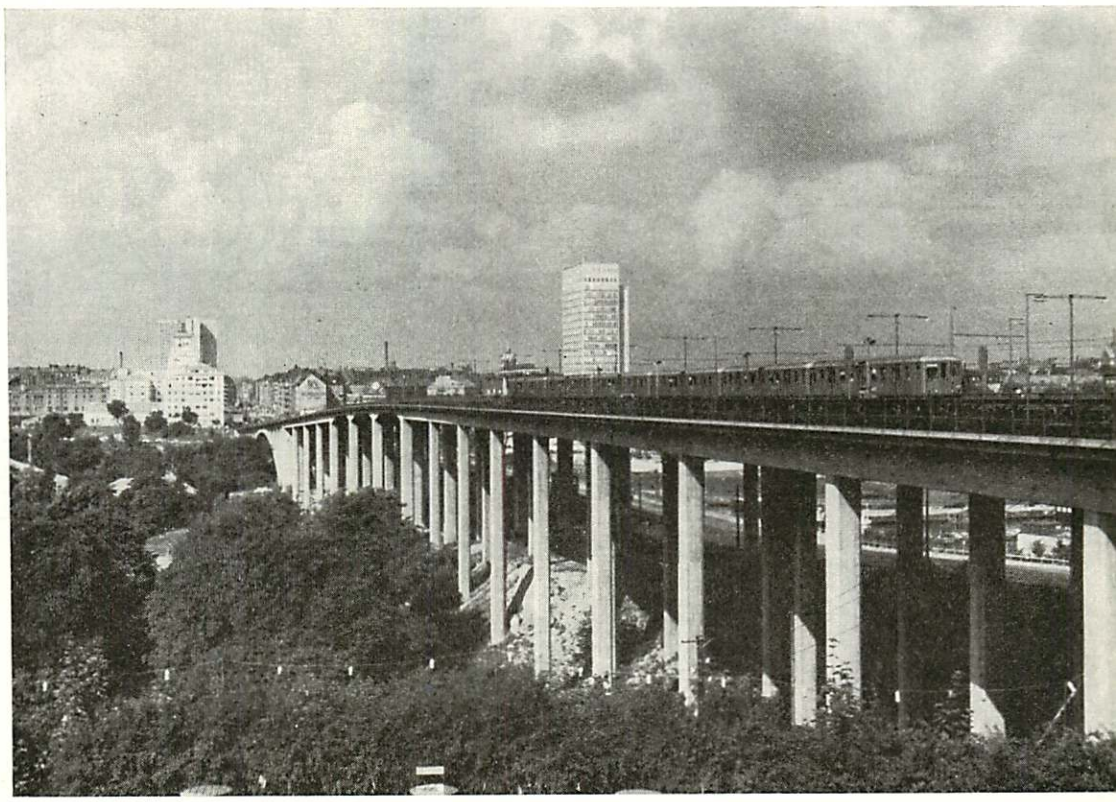


Fig. 6:16. Högbron vid Skanstull

Kap 7 ARBETEN I SAMBAND MED TUNNELBANAN

:1 Södermalmstorgsdäcket

I samband med utbyggandet av andra tunnelbanan har hela den tidigare öppna gropen mellan Katarinavägen och Södra Stadshuset överdäckats för att enligt ritningar, som uppgjorts av gatukontorets parkavdelning i samråd med fastighetskontoret, stadsbyggnadskontoret och stadsantikvarieämbetet, ge plats för en torgbildning framför Stadsmuseet (fig. 7:1:1). Det färdiga torget kommer att vara öppet endast för gångtrafik och blir försett med en mönstrad beläggning av olikfärgade plattor. Torget och den i ett lägre plan liggande gården framför Stadsmuséet får förbindelse med varandra genom en monumentaltrappa i form av två mot varandra vända halvcirklar.

Överdäckningen har — för den del av tunnelbanestationen som tidigare legat öppen — i huvudsak utförts i form av förtillverkade spännbetongelement, som med en spännvidd av ca 15 m upplagts på stödkonstruktionen med lager av neopren. Elementen har sedan bringats till samverkan i ca 13 m breda monoliter genom en betongpågjutning av ca 5 cm tjocklek, varefter varje monolit förspänts genom 4 stycken kablar av typ BBRV, inlagda i de längsgående platsgjutna balkarna intill upplagen. Detta konstruktionssystem har valts dels för att däcket skulle kunna byggas med minsta möjliga störningar för den hela tiden fortgående tunnelbanetrafiken, dels med hänsyn till det stora djupet till fast botten inom nordöstra hörnet av torget, vilket

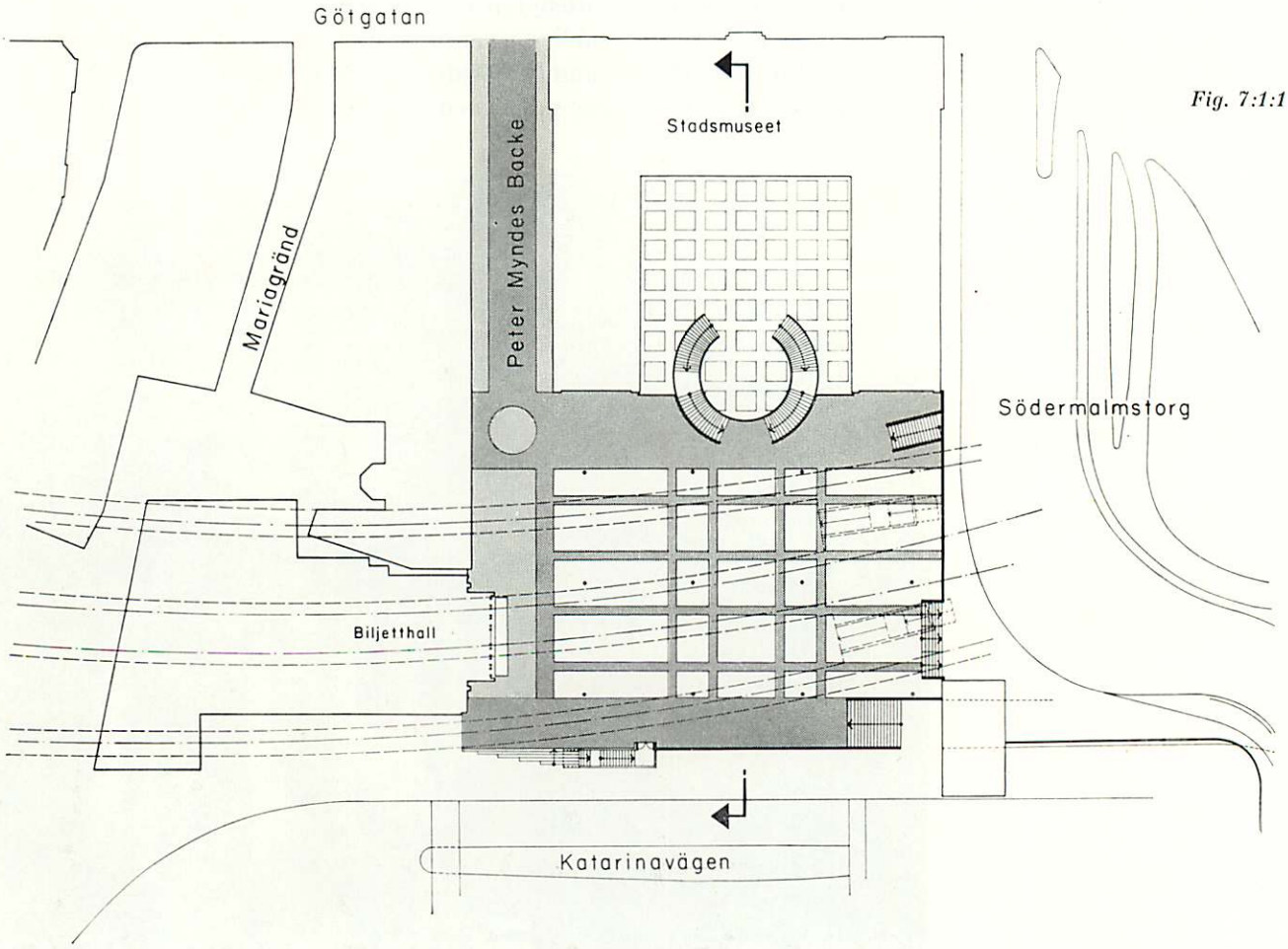


Fig. 7:1:1

Fig. 7:1:3.

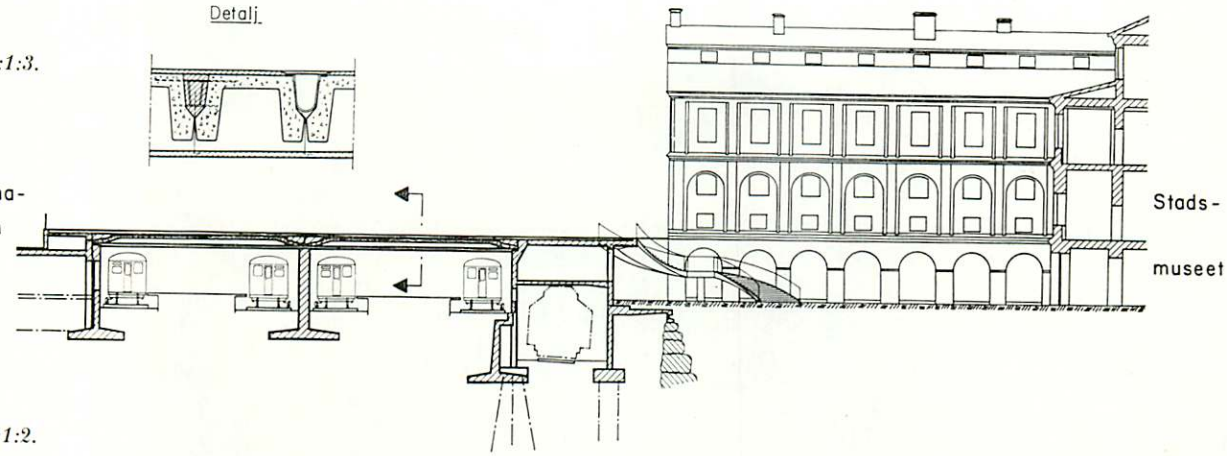


Fig. 7:1:2.

gjort det önskvärt med en flexibel konstruktion.

På södra delen av detta däck har sedan den nya biljetthallsbyggnaden uppförts i en våning. Grundläggningen för denna har emellertid nedförts till fast botten och är dimensionerad för att kunna bära även en ännu ej detaljprojekterad nybyggnad i 5 våningar för Sjömanshemmet, vilken är avsedd att placeras över och bredvid biljetthallen.

Den del av gamla SJ-tunneln, vilken ligger mellan tunnelbanan och Södra Stadshuset, har överbyggts med en ramkonstruktion i två våningar. Den undre våningen är avsedd för SJ:s godstågsspår mellan hamnbangården på Söder Mälarstrand och Södra station samt för vissa ledningsutrymmen. Den övre kommer att inrymma vissa lagerutrymmen och även utställningslokaler för Stadsmuséet.

När ramkonstruktionen började byggas i slutet av år 1959, var avsikten att grundläggningen för denna liksom för en del av stödkonstruktionerna till däcket över tunnelbanestationen skulle utföras genom pålning till fast botten. Det visade sig emellertid snart att pålslagningen medförde så stora sättningar — i vissa kontrollpunkter upp till 10 cm på någon vecka — att pålning bedömdes som ogörlig. Ramkonstruktionen grundlades då på utbredda plattor med sådana ursparingar och ingjutningsanordningar, att erforderligt antal pålar skulle kunna tryckas, när hela ramen var färdigbyggd.

Grundläggningen för trappan mellan torgplanet och Stadsmuséets gård förorsakar också vissa problem. Då marken omkring Södra Stadshuset fortlöpande sätter sig med ca 0.5 cm per år, och däckskonstruktionens grundläggning på pålar förhindrar sjunkning, borde även trappan få en fast grundläggning. Pålslagning kan dock ej utföras, då risk föreligger för stora sättningar under kringliggande hus, och för påltryckning saknas erforderligt mottryck. Man har därför stannat för att grundlägga trappan på en platta med sådana anordningar, att justering av höjdläget kan ske vid behov.

:2 Grundläggningsarbeten för femte höghuset vid Sergels torg

Tomten för femte höghuset på nedre Norrmalm genomkorsas av fyra spårtunnlar av vilka två för den västra och södra leden och två för banan

Fig. 7:2:1. Höghusets avlastningssystem över spårtunnlarna.

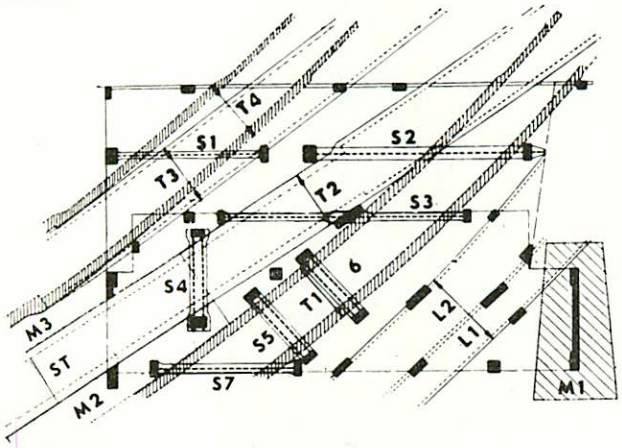
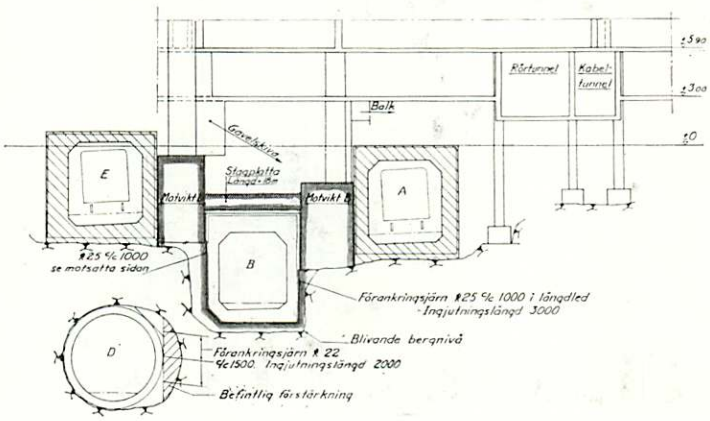


Fig. 7:2:2. Tvärsektion genom spårtunnlar och ledningstunnel under 5:e höghuset.



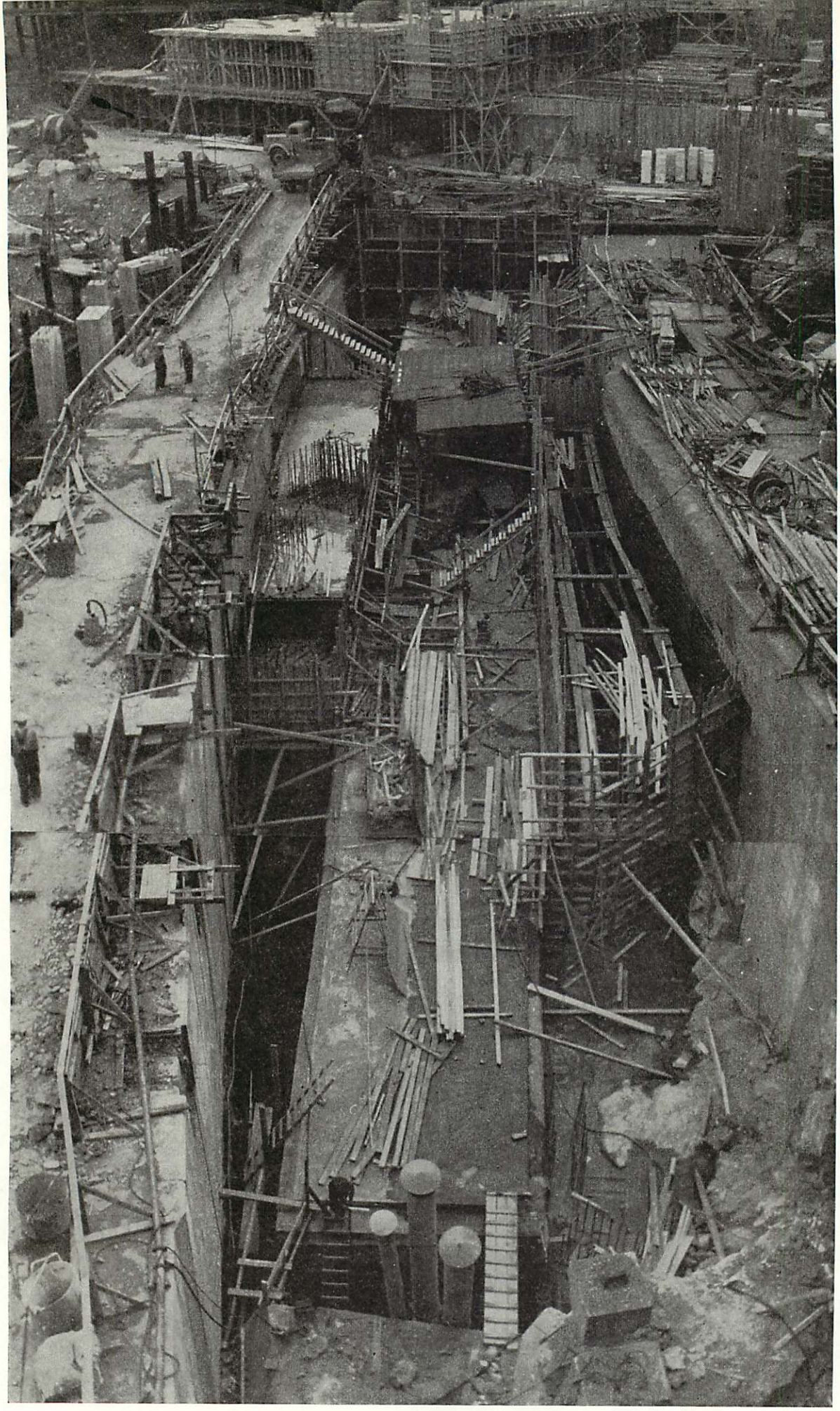


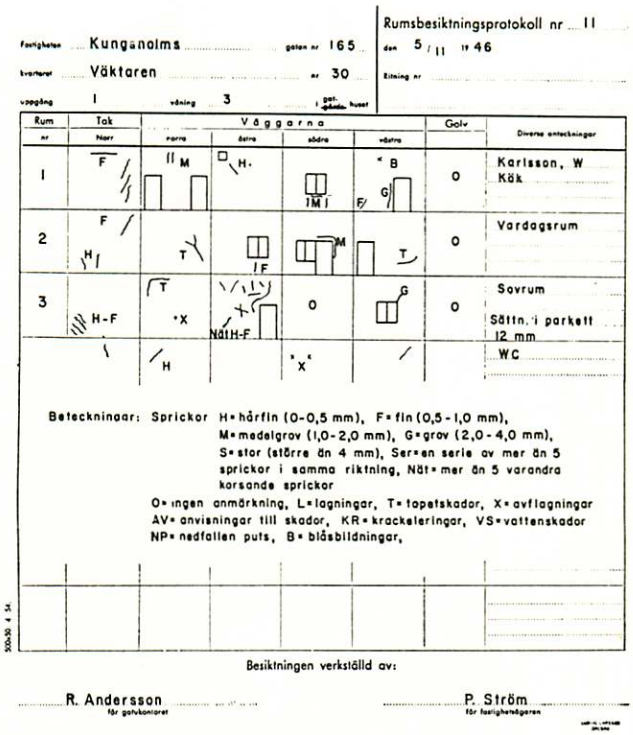
Fig. 7:2:3. Höghusets grundläggning intill spårtunnlarna.

mot Östermalmstorg, samt av en ledningstunnel, alla med olika höjd- och planlägen (fig. 7:2:1 och 7:2:2) varför endast ca 30 % av tomtytan kan utnyttjas för att nedföra huslasten direkt till grunden. På grund av nämnda tunnlar har femte höghuset i motsats till de övriga höghusen endast två våningar under Sergels torg, varvid ledningstunneln ingår i den nedre av dessa två våningar medan de högst liggande spårtunnlarna ligga i nivå med golvet i denna våning. Omfattningen av husets avlastningskonstruktioner över spårtunnlarna framgår av fig. 7:2:1. Grundläggningen för dessa avlastningskonstruktioner konstruerades och utfördes, på grund av närheten till befintliga spårtunnlar, av gatukontoret. Avlastningsbalkarna, 7 till antalet, är koncentrerade till nedre källaren. Balkarnas spännvidder varierade mellan 9 och 24 m och de punktlaster som nedfördes på balkarna mellan 150 och 1.200 t. På grund av de stora lasterna på grundplintarna och bergets dåliga beskaffenhet inom stora delar av detta område var det nödvändigt att utföra grundläggningen intill tunnlarna på det sätt fig. 7:2:2 och :3 visar. Det bör dessutom nämnas att den väggskiva som mot Mäster Samuelsgatan begränsar huset ej kunde grundläggas inom byggnadsgränsen i husets nordöstliga hörn på grund av spårtunnel T1 utan måste nedföras på en betongplint ca 3 m utanför byggnadsgränsen.

För att erhålla tillräcklig stabilitet för vind mot höghusets långfasader utfördes tre motvikter, en i byggnadens östra gavel och två förenade med en stagplatta vid byggnadens västra gavel.

:3 Husbesiktningar och skadestånd

Arbetena med Stockholms tunnelbanor har i stor utsträckning bedrivits i omedelbar närhet av bebyggelse. Risk för fastighetsskador har därför förelegat, vilket framtvingat ett särskilt husbesiktningsförfarande. Gatukontoret har, för att kunna utreda och bedöma eventuella klagomål, skadeanmälningar och ersättningskrav, besiktigat samtliga fastigheter inom den s. k. riskzonen, dels före arbetenas igångsättande, s. k. förbesiktning, dels efter dessas avslutande, s. k. slutbesiktning. En eller flera mellanbesiktningar


Rumsbesiktningsprotokoll nr 11
den 5/11 19 46
Fastigheten Kungsholms gatan nr 165
kvarteret Väktaren nr 30
vagång 1 våning 3 i gat. gårds. huset

Rum nr	Tak Norr	Väggarna norra	Väggarna östra	Väggarna södra	Väggarna västra	Golv	Diverse anteckningar
1	F	M	H	M	B, G, F	O	Karlsson, W Kök
2	F, H	T	F	M	T	O	Vardagsrum
3	H-F	T, X	Nät H-F	O	G	O	Sovrum Sättn. i parkett 12 mm
		H		X			WC

Beteckningar: Sprickor H=hårfin (0-0,5 mm), F=fin (0,5-1,0 mm), M=medelgrov (1,0-2,0 mm), G=grov (2,0-4,0 mm), S=stor (större än 4 mm), Ser=en serie av mer än 5 sprickor i samma riktning, Nät=mer än 5 varandra korsande sprickor
O=ingen anmärkning, L=lagningar, T=tapetskador, X=avflagningar AV=anvisningar till skador, KR=krackeleringar, VS=vattenskador NP=nedfallen puts, B=blåsbildningar,

Besiktningen verkställd av:
R. Andersson för gatukontoret
P. Ström för fastighetsägaren

Fig. 7:3:1. Besiktningsprotokoll.

kan även ha utförts av olika skäl under den tid arbetena pågått. De olika besiktningarna har dessutom kompletterats med provtryckning av rökgångar och kontroll av eldstäder.

De vid husbesiktningarna upprättade protokollen har sammanställts till besiktningsinstrument som upprättats i två exemplar, ett för gatukontoret och ett för fastighetsägaren. Instrumentet innehåller fotografier av fasader m. m., rumsbesiktningsprotokoll samt ritningar av varje våningsplan. Dessutom har bifogats protokoll från av skorstensfejarmästare företagna undersökningar. Rumsbesiktningsprotokollen har getts en standardiserad form (fig. 7:3:1) där varje rums tak, vägg och golvyta representeras av var sin ruta i vilken öppningar för fönster, dörrar etc. är angivna och där sprickor m. m. är inritade med kodbeteckning för sprickvidd och för andra slag av skador. För fasaderna har fotografier använts som underlag och skadorna har inritats på dessa om de ej framgått av fotografierna direkt. De vid förbesiktningen iakttagna defekterna har markerats med svart och vid slutbesiktningen har de sedan föregående besiktningstillfällena inträdda föränd-

ringarna noterats med röd färg. Vid mellanbesiktning har någon annan avvikande färg an vänts, olika vid varje tillfälle.

I samband med tunnelbanearbetena har vibrationsmätningar gjorts i närliggande fastighet varigenom kontroll erhållits på att arbetena bedrivits på sådant sätt, att skadegörelse så vitt möjligt kunnat undvikas. Cirka 5.000 vibrationsmätningar har utförts. Vid utvärderingen av de registrerade mätningarna har vissa värden erhållits för aplitud, frekvens, acceleration och svängningshastighet. För byggnad som utsatts för en svängningshastighet ungerstigande 70 mm/sek. föreligger i regel ej någon risk för skadegörelse. Man kan dock ej bedöma riskerna enbart genom att kontrollera att svängningshastigheten håller sig under ett visst värde. Hänsyn måste bl. a. även tagas till amplitud, frekvens och acceleration samt till bebyggelsens art och markens beskaffenhet.

Erfarenheten har visat att riskzonen vid tunnelbanearbetenas utförande inom områden med tung bebyggelse sällan överstiger ett avstånd av cirka 50 m från närmaste sprängningsplats medan inom områden med lätt bebyggelse riskzonen vidgas till cirka 75 m. Besiktningsarbetet har därför varit mycket omfattande. Antalet besiktigade fastigheter uppgår till cirka 4.000. Därtill kommer cirka 2.000 besiktningar med anledning av inkomna skadeanmälningar och krav. Sammanlagt har således cirka 6.000 besiktningar utförts.

Trots att all nödig försiktighet iakttagits vid de olika tunnelbanearbetena har det ej helt kunnat undvikas att skador på byggnader uppstått som följd av vibrationer, sättningar eller olycksskott i öppna schakt m. m. Å andra sidan kan förändringar ha uppkommit inom en byggnad under den tid tunnelbanearbetet pågått, vilka bevisligen beror på andra orsaker. Detta har föranlett omfattande utredningar av de skadeanmälningar och krav som inkommit.

:4 Ledningsarbeten

Utrymmet under gatorna är i en storstad nästan alltid taget i anspråk av ett stort antal ledningar såsom för vatten, avlopp, gas, elektricitet och telefon, och tunnelbanebygget har därför medfört omfattande ledningsomläggningar. Dessa har i viss utsträckning måst göras i två omgångar, en provisorisk under byggnadstiden för att frilägga arbetsplatsen, och en permanent sedan tunnelarbetet blivit färdigt. Givetvis har man dock försökt undvika provisorier där så har varit möjligt och direkt lägga om ledningarna till slutligt läge, exempelvis genom att flytta dem till någon parallellgata.

Av de olika ledningsslagen har särskilt avloppsledningarna vållat svårigheter, eftersom de har en stor och starkt varierande vattenföring och normalt är utförda som självfallsledningar med fri vattenyta, varigenom de blir bundna till ett bestämt höjdläge. Vid första banans byggande var det i tre fall nödvändigt att utföra dykarledningar under tunnelkroppen (fig. 7:4:1).

I Vasagatan, där det finns två avloppstrummor med 1,5 m diameter vardera, kunde man undvika dykarledningar genom att under en gångtunnel tillämpa en starkt tillplattad sektion och att över spårtunnlarna använda tunnväggiga stålrör och samtidigt pressa tunnlarnas konstruktionshöjder till ett minimum.

Särskilt inom Nedre Norrmalm, där gatorna i samband med tunnelbanebygget i stor utsträckning har underbyggts med kommersiella utrym-

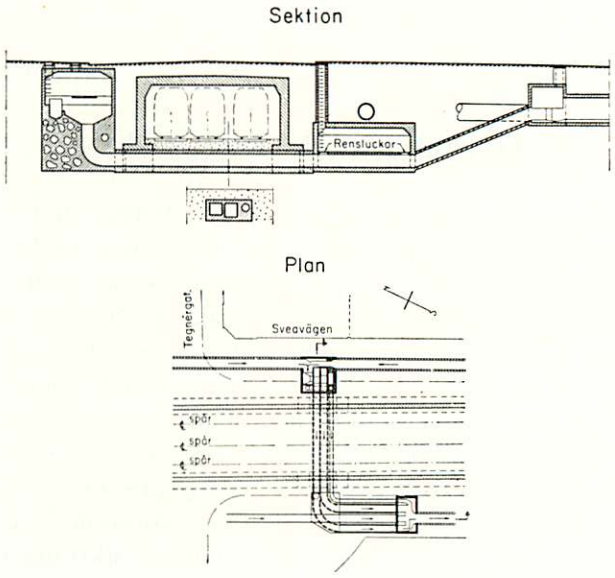


Fig. 7:4:1. Dykarledning för avloppsvatten vid Tegnérgatan.

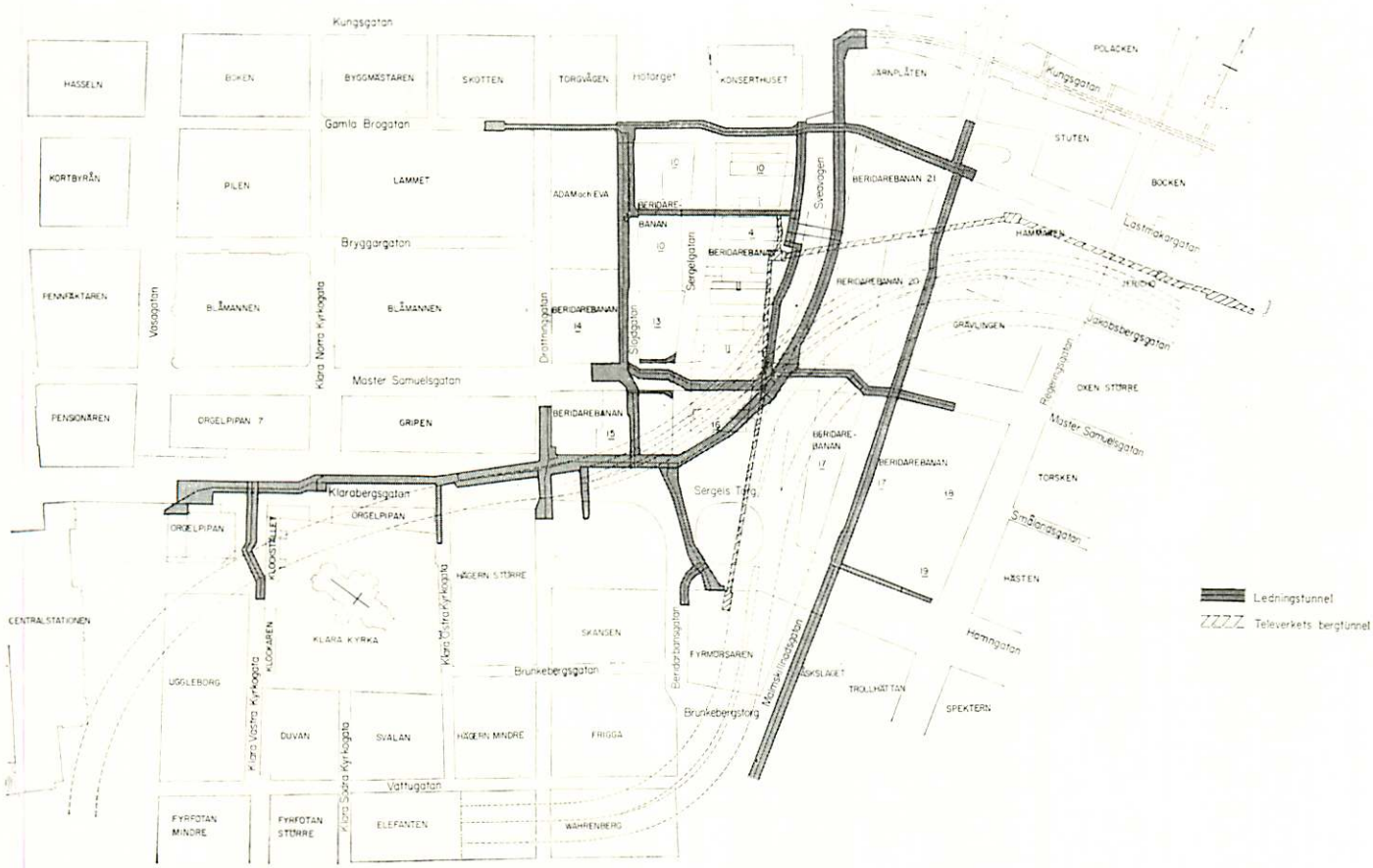


Fig. 7:4:2. Ledningstunnlar inom Nedre Norrmalm.

men, har det inte funnits plats att förlägga ledningarna i marken på vanligt sätt utan man har måst bygga särskilda gångbara ledningstunnlar (fig. 7:4:2 och :3).

För ledningar och kablar, som passerar över tunnlarna, har man vidtagit åtgärder för att minska riskerna för brott på grund av ojämna sättningar (fig. 7:4:4).

Där tunnelbanan ligger under grundvattenytan har betongkonstruktioner försetts med vattenisolering och bergtunnlar i erforderlig utsträckning tätats genom injektering. För att ta hand om eventuellt läckvatten, spolvatten o. d. har ett system av dräneringsledningar utförts under ballasten och dräneringsvattnet pumpas upp till avloppsledningar i gatan.

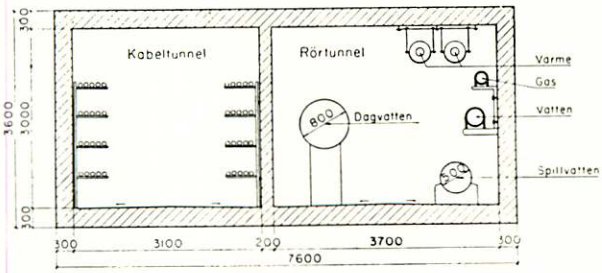


Fig. 7:4:3. Tvärsektion av ledningstunnlar.

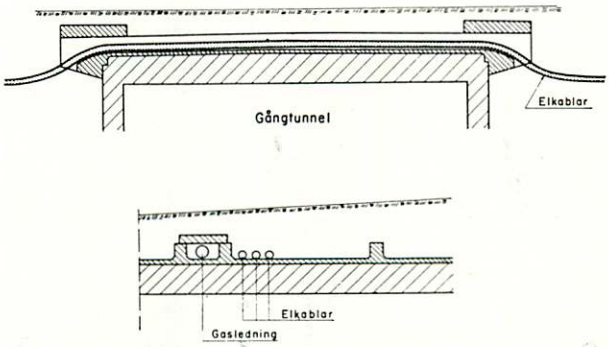


Fig. 7:4:4. Skydd för ledningar i grunt läge över gångtunnel.

Kap 8 SPECIELLA KONSTRUKTIONER OCH ARBETSMETODER

:2 Bergsprängning

Tunnelbanan är på långa sträckar grundlagd på berg eller framdragen i bergtunnlar. Härvid har omfattande sprängningsarbeten utförts. De sammanlagda bergmassorna för första och andra tunnelbanesystemet, exklusive den eventuella grenlinjen mot Östra station, uppgår till ca 1.800.000 m³ fast berg. Drygt 17 km av tunnelbanan går i bergtunnlar och 10 stationer har byggts helt i berg. Sammanlagda längden bergtunnlar blir emellertid betydligt längre på grund av att dessa omväxlande består av enkel- och dubbelspårstunnlar, vartill dessutom kommer ventilationstunnlar, rulltrappsschakt m. m.

På vissa avsnitt har speciella arbets- och sprängningsmetoder måst tillämpas. Ett par av dessa behandlas under särskilda rubriker — undervattenssprängning i Liljeholmsviken och cirkulär tunnel under Brunkebergsåsen.

Vid bergsprängning — såväl i tunnlar som i öppen skärning — inne i staden måste hänsyn tagas till en mängd faktorer, vilka var för sig eller tillsammans minskar möjligheterna till stordrift i vedertagen bemärkelse. Såväl borrning, skjutning som utlastning tillhör i hög grad gruppen bullrande arbeten och kan därför icke bedrivas t. ex. nattetid annat än för mycket speciella och begränsade uppgifter. Borrnings- och laddningsplaner måste anpassas så att de vibrationer som uppkommer inte skadar intilliggande byggnader, gator eller ledningar. Transport av sprängsten måste utföras på lastbilar inom tillåtna hjultrycksbestämmelser. Tippar och krossar för mottagning av massor är ofta belägna i förorterna och transporterna får därför många gånger passera hårt belastade trafikleder med härav följande störningar av utlastningen.

TUNNELSPRÄNGNING

Bergtunnlar förekommer mest på sydvästra östra tunnelbanan, där förutom nästan hela innerstadsdelen även långa sträckor söder om Liljeholmsviken sprängts fram i berg. Den pågående utbyggnadsetappen mot Gärdet är helt förlagd i berg.

Emellertid förekom tunnelsprängning i betydande omfattning redan från starten av byggnadsarbetena 1945, då bergtunnlarna på Kungsholmen och i Vasastaden utfördes. Normalsektionerna för de olika bergtunnlarna har följande areor: enkelspår 20 m² dito cirkulär 22 m², dubbelspår 40 m² och station 65 m². På grund av kurvor samt eventuell inklädnad av tunnlarna finns vissa avvikelser från dessa areor. Sålunda har utsprängd area för de inklädda cirkulära tunnlarna varit 33 m².

År 1945 utsprängdes en tunnel genom Hägerstensåsen för förlängning av spårvägslinje 17 till Västertorp och ingår i den andra tunnelbanen. Vid borrningen för dessa sprängningsarbeten användes lätta, enmansbetjänade knämatningsmaskiner och borrar med fasta hårdmetallskär för första gången i full drift. Denna metod, i utlandet allmänt känd som "svenska metoden", har sedan genomgående använts vid samtliga tunnelarbeten för tunnelbanan.

Ett antal transportunnlar har för erhållande av lämpliga angreppspunkter måste utföras. Från varje sådan tunnel har som regel driv-

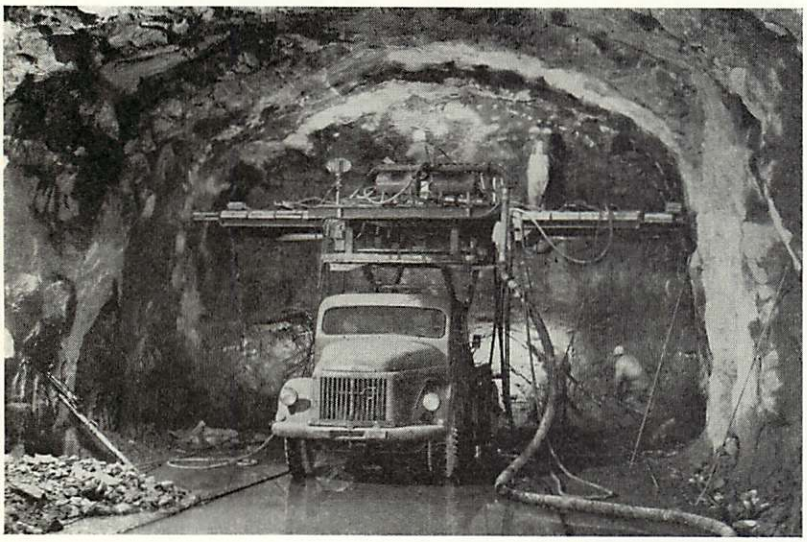


Fig. 8:1:1. Borrbil, s. k. Svenljungatruck med hydrauliskt manövrerad borrplattform.

ningen kunnat ske i flera tunnlar, varigenom tidvis ett mycket stort antal tunnelsprängare kunnat sysselsättas samtidigt.

Arbetet har som regel bedrivits på 2-skift med s. k. rytmisk uppläggning varvid borrning, laddning och skjutning av salva utförts på ena skiftet (fig. 8:1:1) och utlastning på det andra (fig. 8:1:2). Indriften har beroende på bl. a. bergtäckningen varierat mellan 1,6 och 3,2 m per salva. Använda kiltyper har mest varit norskkil i enkelspårstunnlarna och solfjäder i de större tunnlarna.

Trots den principiella likheten mellan sprängningsarbetena 1945 och ca 20 år senare har de flesta detaljerna förändrats och förbättrats.

En stor förändring har ägt rum vid utlastningen. Under första byggnadsetappen (Kungsholmen—Vasastaden) utfördes utlastningen med hjälp av grävmaskiner i dubbelspårs- och stationstunnlar medan skrapspel användes i enkelspår och rulltrappsschakt. Nu användes uteslutande fyrhjulsdrivna frontlastare med en skopvolym av 2,0—3,0 m³, utom i rulltrappsschakt där skrapspel fortfarande användes. Hjullastarna kan genom sin snabbhet och lättrörlighet i allmänhet ombesörja utlastningen av även de större tunnlarna på ett skift samt vid

Fig. 8:1:2. Fyrhjulsdriven frontlastare med ca 3 m³ skopa.

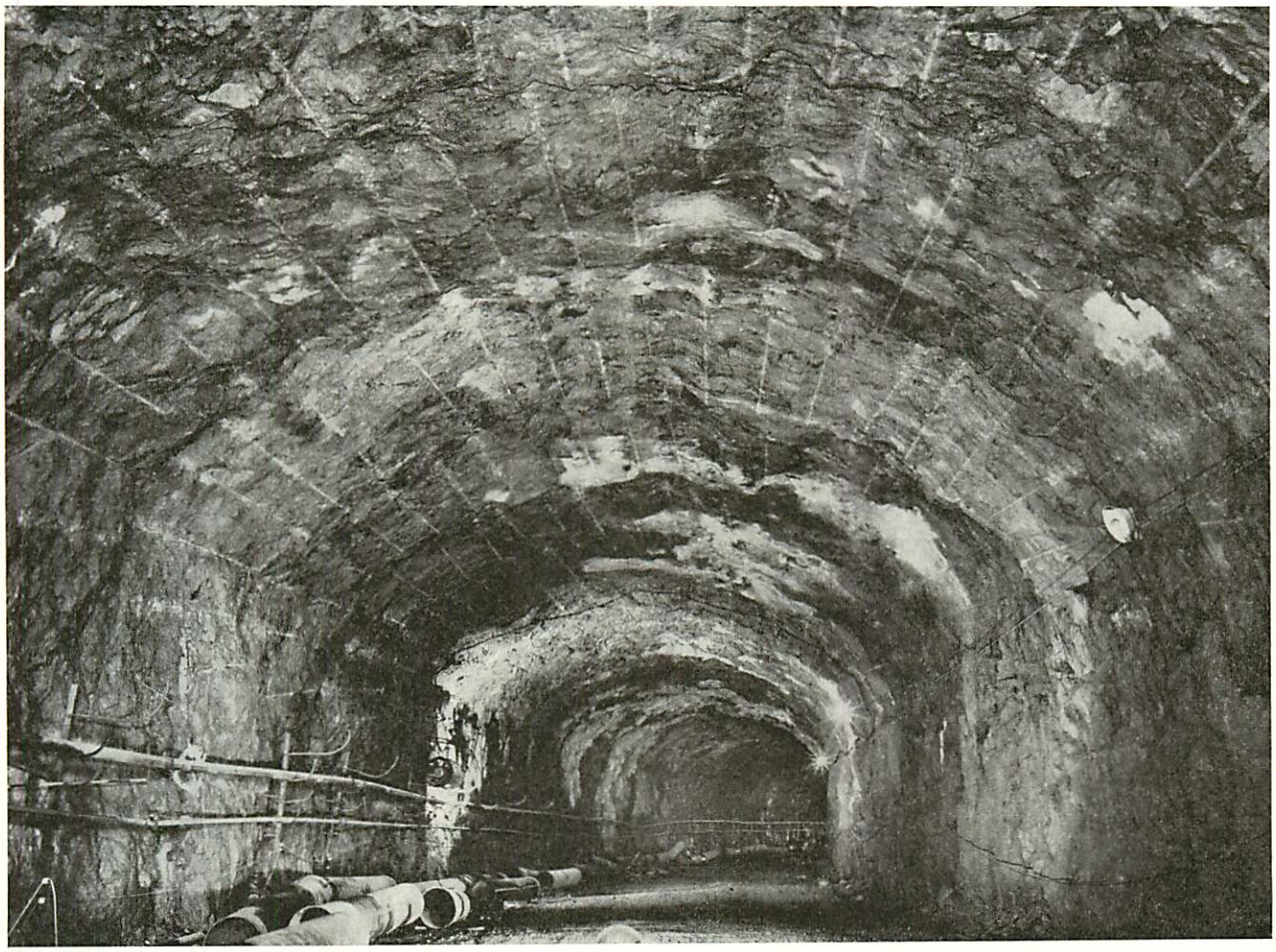


Fig. 8:1:3. Dubbelspårtunnel mellan stationerna Slussen och Mariatorget.

behov betjäna flera arbetsplatser. Lastbilarnas ökade lastförmåga har likaså bidragit till snabb utlastning.

Borrmaskinsutvecklingen har kanske icke helt kunnat utnyttjas vid drivning av bergtunnlarna beroende på tidigare nämnda begränsande faktorer såsom vibrationer i fastigheter m. m. Den har dock verksamt bidragit till möjligheten att utföra långa sonderings- och injekteringsborrningar (se 8:14). Hårdmetallborrens ökade livslängd från 50—60 m/borr vid slutet av 40-talet till 200 m/borr eller mer har verksamt bidragit till en rationellare drivning av borrningsarbetet och varit en förutsättning för införandet av stegmatnings- och klättermatarutrustning.

Även spräng- och tändmedlen har undergått utveckling under den relativt långa tid som tunnelbanebygget pågått. Nästan all tändning har skett elektriskt. Under första etappen fanns ej kortintervallsprängkapslar, som varit till stor nytta under den andra genom att de har gjort det möjligt att minska samtidigt detonerande laddningsmängd. Vid arbeten i närheten av radiosändare, spårvägslinjer eller den trafikerade tunnelbanan har använts s. k. säkerhetssprängkapslar.

En betydande arbetstidsförkortning har genomförts, framför allt gäller detta vid underjordsarbete. 1945 hade man 48 timmars arbetsvecka mot 40 timmar 1963. Tack vare den fortgående utvecklingen av arbetsmetoderna har framdriften ändock ökat samtidigt som en viss personalminskning kunnat noteras.

Fig. 8:1:4. Öppen bergskärning vid station Axelsberg.

ÖPPEN SPRÄNGNING

Öppen sprängning har förekommit på många ställen utefter tunnelbanan och för de flesta biljetthallarna. I vissa fall har sprängningen kunnat utföras först efter omfattande ledningsoch trafikomläggningar. Exempel är biljetthallarna vid Drottninggatan, Hornsplan och Birger Jarlsgatan. De största sprängningarna i öppen skärning har utförts för station Odenplan och på sträckan mellan Tegelbacken och Gamla Stan samt i förorterna, t. ex. Vällingby och Hässelby.

SLÄTSPRÄNGNING

För att skydda bergtak och väggar i tunnlarna samt väggar i öppen skärning och för att minska efterrensningsarbetet har slätsprängning av dessa ytor tillämpats. I början laddades kranshålen med svaga laddningar bestående av kluvna dynamitpatroner fastsatta på halvstav. Sedermera har den slätsprängningsteknik använts som utvecklats av Nitroglycerin AB under 1950-talet. Såsom sprängämne för tätsömhålen (kranshålen) har därvid gurit i stavform genomgående använts och förhållandet mellan hålavstånd och försättning har vanligen varit 0,8. Hålavståndet har varit 0,4—0,5 m (fig. 8:1:3). I den cirkulära tunneln, där på ett visst parti speciella krav på en mycket jämn yta ställdes, borrades tätsömhålen c/c 0,20 m och vartannat hål laddades.

Under 1962—63 har även en annan slätsprängningsteknik, s. k. förspräckning, försöksvis prövats med gott resultat vid öppen sprängning. Denna metod skiljer sig från den föregående därigenom att tätsömmen skjuts först istället för sist i salvan. Hålavstånd, sprängämne och laddningsmängd har i huvudsak varit desamma som vid förstnämnda metod (fig. 8:1:4).

SPRÄNGNING INTILL FASTIGHETER

Inledningsvis har nämnts att sprängningsarbetena på långa sträckor måst bedrivas i mycket nära grannskap till befintliga fastigheter. Hänsyn till dessa har medfört att salvdjup respektive laddningsmängd måst anpassas så att vibrationerna från sprängningarna inte skulle vålla skador i fastigheterna. Ett mycket stort antal vibrationsmätningar har företagits och på grundval av dessa diagram uppgjorts. Teoretiskt har Nitroglycerin AB behandlat dessa frågor och det är med tillämpning av härvid framdeducerade formler som värden för bl. a. acceleration och svängningshastighet erhållits.

Tidigare ansågs accelerationsvärdet vara normgivande, men numera har alltmera svängningshastigheten godtagits såsom mått på skaderisken i fastigheterna. För närvarande (1963) söker kontoret ligga under en tillåten gräns på svängningshastigheten av 60 m/sek. och en acceleration som är mindre än 5 g (fig. 8:1:5).

För mätning av vibrationer samt besiktning av fastigheter finns specialutbildad personal inom kontoret. Besiktning görs inom en relativt vid omkrets (50—100 m) kring arbetsplatserna, i viss mån bedömd efter markförhållandena.

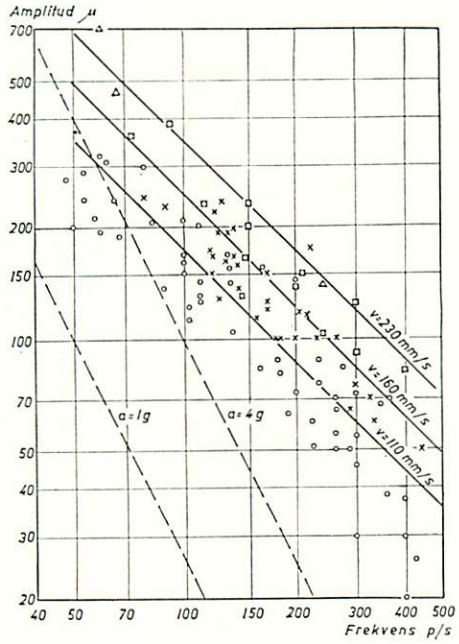


Fig. 8:1:5. Samband mellan amplitud, frekvens och skada. Inprickade punkter anger vid sprängningar erhållna resultat. △ = Svår sprickbildning. □ = Sprickbildning. × = Finsprickor och putsfall. ○ = Inga märkbara skador. Bilden hämtad ur "Tekniska Meddelanden nr 5", Nitroglycerin AB, Gyttorp.

:2 Bergförstärkningar och bergförankringar

Där berget har varit av dålig beskaffenhet, där bergtäckningens tjocklek varit otillräcklig eller där man måste räkna med att en avsevärd del av bergtäckningen framdeles kan komma att sprängas bort ovanifrån för källargrundläggning till hus el. dyl. har man måst utföra förstärkningsvalv i tunneln. Dessa har som regel utförts som platsgjutna betongvalv men i viss utsträckning har använts förtillverkade betongelement.

För utförande av taket i tunnelbanestation T-Centralen, där bergtäckningen som lägst var 1,5 m, sprängdes först två småtunnlar, en längs vardera anfanget. Utstrossning till full bredd ägde sedan rum i ett antal etapper under successiv inläggning av förstärkningsvalv av betong. Dessa var förtillverkade i halvor och transporterades och lyftes med en för ändamålet byggd vagn (fig. 8:2:1). Anfang hade då i förväg gjutits i småtunnlarna. Efter det att ett valv avstämplats mot berg insattes med domkraft en horisontalkraft av 100 ton i hjässan varefter fogen hopgöts. Mellanrummet mellan berg och valv fylldes därpå med singel som blåstes dit med tryckluft, varefter singeln injekterades med cementbruk.

I samband med sprängningsarbetena i Strömmen och vid Riddarholmskanalen har man i stor omfattning använt förankringsbultar för att säkerställa stabiliteten hos de med slag genomkorsade bergpartierna på sidorna om tunnelkroppen. Bergets mindre goda beskaffenhet nödvändiggjorde en särskild metodik då förankringarna utfördes. Arbetsgången var borrning, vattenspolning, injektering, omborrning, botteninjektering i samband med införande av en förankringsbult i hålet, uppspänning av bulten till 25 tons last, full injektering av hålet och till slut minskning av förspänningen till 20 ton.

Sydvästra banan går på det hela taget genom gott berg. Undantag från detta är dels sträckan T-centralen—Östermalmstorg vars förstärkningsarbeten beskrivs i särskilt kapitel, dels station Zinkensdamm. Berggrunden har här en nordsydlig svaghetszon där bergarten är mylonit. Omkring zonen är berget krossat och stundom omvandlat till lerkonsistens. Zinkensdamms station har endast en uppgång belägen på stationens mitt och förstärkningsbågar av betong har erfordrats såväl i stationstunnlar som i rulltrappsschakt. Bågarna har mitt för uppgången byggts i tre spann över hela stationens bredd — ett över

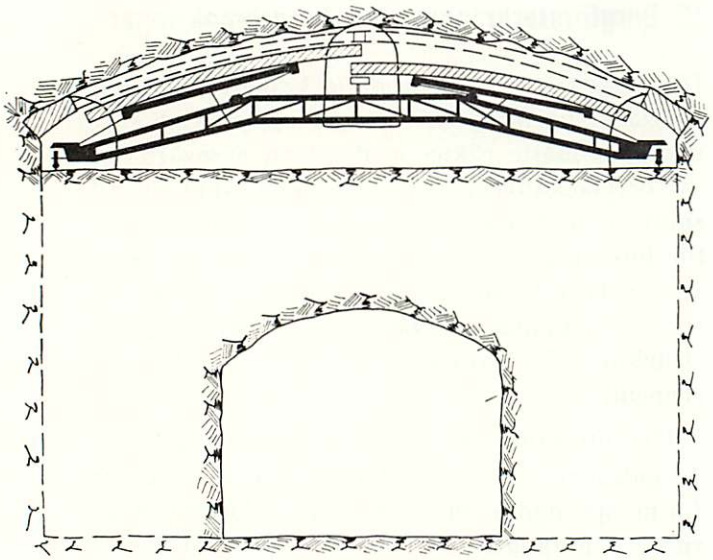


Fig. 8:2:1. Montagevagn för förstärkningsvalv vid station Centralen.

vardera stationstunneln och ett över trappan. Allteftersom taket i trappan stiger ökar också trespannsbågarnas höjd. Detta utförande som redan i sig själv är byggnadstekniskt komplicerat har på grund av det mycket dåliga berget inneburit stora svårigheter. Sprängningen har skett i små etapper med avbrott för bultsättning, skyddsnätning och successiv gjutning av betongförstärkningarna.

När en spårtunnel tagits i drift är den tillgänglig för arbete blott några timmar nattetid. Underhållsarbete i form av efterskrotning blir därför dyrt med tanke på den obekväma arbetstiden. Erfarenheter av detta från nord-sydbanan har medfört en ytterst noggrann ytbehandling av berget efter sydvästra banans sprängning. Två erfarna kontrollanter har som enda arbetsuppgifter haft att följa skrotningsarbetet. Detta har bedrivits med mejsel, kil och bleck. Målet var att nå klingfast berg. Enbart i tunnlarna under Södermalm har på bergytor om totalt ca 70.000 m² nedlagts ungefär 4.000 dagsverken på detta arbete.

Fig. 8:2:2 visar resultatet av en sålunda utförd efterskrotning i en tunnel genom gott berg där skyddsskrotningen tidigare varit tillfredsställande utförd. Där skrotningen på grund av bergkvaliten inte givit fullgott resultat har den kompletterats med bultsättning, armering och sprut-

Fig. 8:2:2. Resultatet av efterskrotning i en tunnel genom gott berg där tidigare skyddsskrotning utförts.

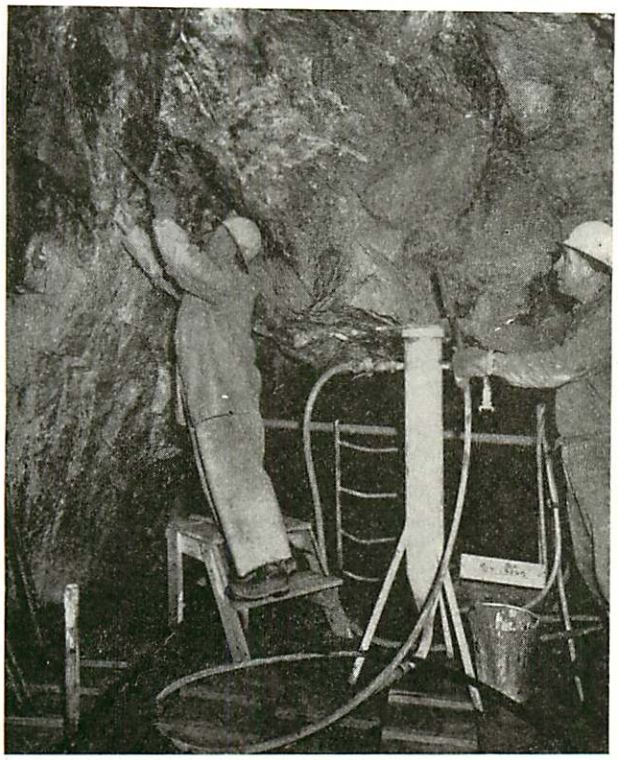


Fig. 8:2:3. Bultning för hand i borrhål fyllda till ²/₃ med cementbruk.

betong. Bergförstärkning med bult har utförts med 22 mm kamjärn i längder upp till 4 m. Ingjutning av bult i borrhål har gjorts efter två metoder. Antingen har bulten med borrmaskin drivits in mellan två med betongbruk fyllda perforerade rörhalvor som infört i borrhålet, Perfometoden, eller har borrhålen med hjälp av tryckluft till 2/3 fyllts med cementbruk varefter bulten förts in för hand (fig. 8:2:3). Vattenläckage har före sprutningen dränerats med rännor av plastfolier fästa i berget med klent armeringsjärn som i sin tur najats i träpluggar i korta borrhål. Plasten hålls ifrån bergytan av polyetenslang eller mineralullsmattor och kläds på utsidan med kycklingnät för att underlätta sprutbrukets vidhäftning. Insprutningen av ett sådant dränage kräver för undvikande av släppor en viss teknik där kanterna sprutas först varvid en accelator tillsätts betongen (fig. 8:2:4).

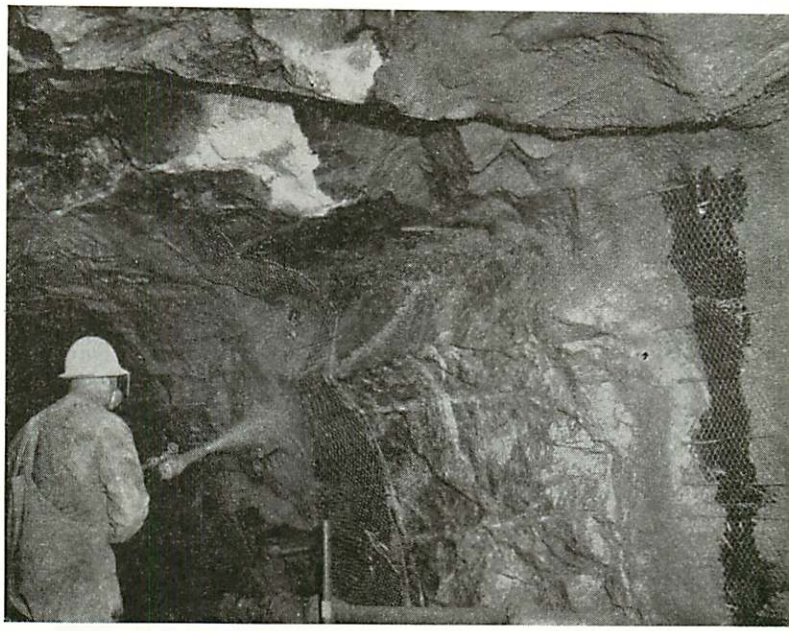


Fig. 8:2:4. Sprutning av betongbruk på matta av kycklingnät.

Där sprutningen utförts i egen regi har den skett med utrustningar som var och en skötts av två man — en som blandat bruk och kört sprutan och en som fört munstycket (fig. 8:2:5).

Sammanlagt har på sydvästra banan sprutputsats 60.000 m².

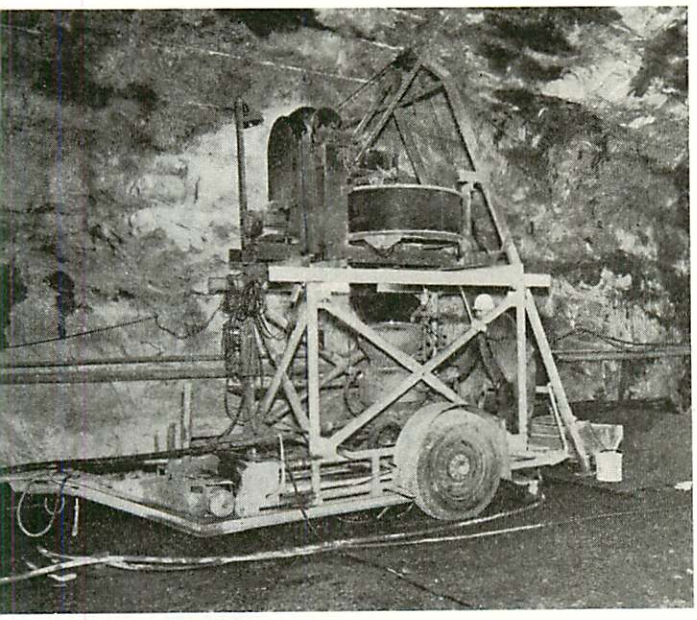


Fig. 8:2:5. Utrustning för betongsprutning som betjänas av två man.

:3 Schaktning, muddring, spontning

Vid *schaktning* har grävmaskiner av olika typer och storlekar utrustade med djup-, höggrävnings- eller slängskopeaggregat använts. När schaktning gjorts inom spont, och körväg inte kunnat byggas ned i graven har schaktningen utförts med traktorer, som lastat i behållare vilka lyfts upp ur schakten med kranar, placerade i marknivån utanför sponten. Vid ett tillfälle påträffades ett skikt med flytbenägen kohesionsjord, som under schaktningen antog vällingkoncistens. Med gott resultat prövades en betongkanon, som var placerad i en mindre, inspontad

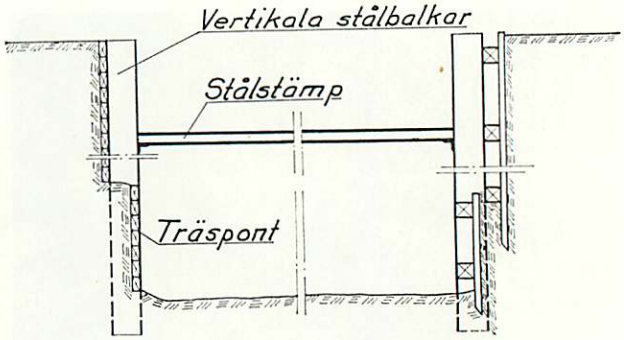
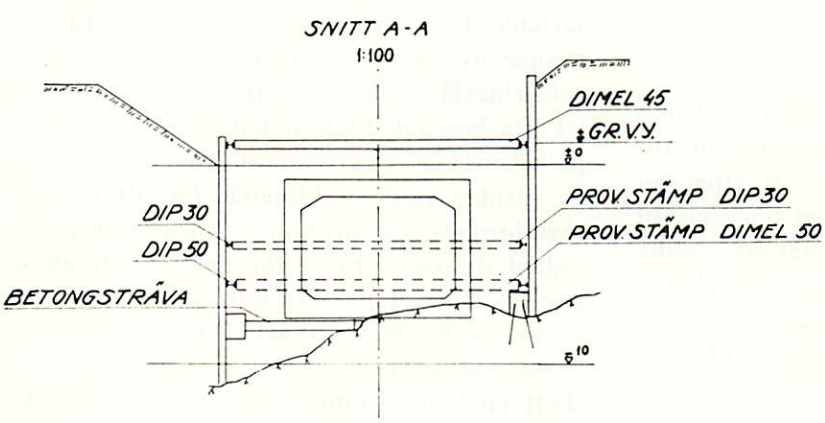
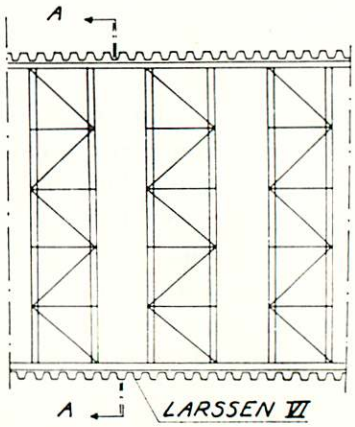


Fig. 8:3:1 (t. v.). Paternosterverk i arbete i Liljeholmsviken.

Fig. 8:3:2 (ovan) och 8:3:3 (nedan) visar olika typer av använda spontkonstruktioner.





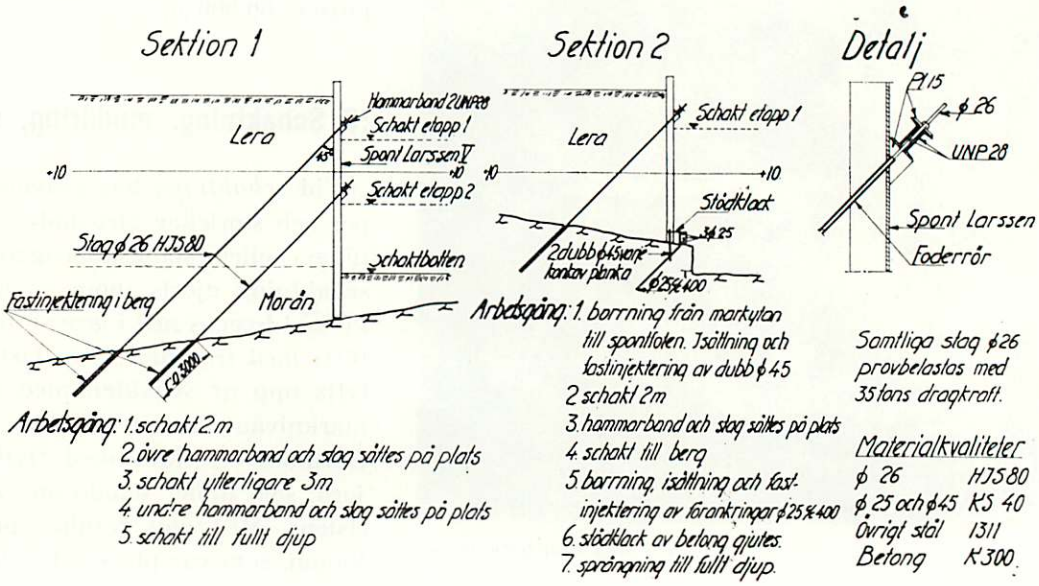


Fig. 8:3:4.

grop i schaktet, och med vars hjälp materialet trycktes upp till markplanet. Sammanlagt har ca 825.000 m³ mark schaktats, därav 725.000 m³ på sträckan Lindhagensgatan—Slussen.

I Liljeholmsviken har *muddring* utförts av sammanlagt ca 25.000 m³ dy, lera, grus och mo varvid såväl gripskope- som paternosterverk användes (fig. 8:3:1).

Spontning har utförts med såväl trä- som stålspont. Där spont slagits på båda sidor om en bred schakt har avsträvning gjorts med I-balkar mellan spontväggarna. Spontväggens nedre ände har vid berg förankrats med dubbning och betonggjutning längs sponten.

Om möjlighet inte funnits till strävning mot annan spont eller strävor ej fått plats har bakåtförankring av sponten gjorts. Några olika typer av använda spontkonstruktioner visas i fig. 8:3:2, :3 och :4. I vissa fall har det varit lämpligt att utföra smala, separata schakt inom sträspont för vardera benet i ramkonstruktionen och gjuta denna innan mellandelen urschaktats (fig. 8:3:5). I starkt trafikerade gator såsom S:t Eriksgatan, där denna metod använts, kunde trafiken härigenom åter släppas fram i full omfattning innan huvuddelen av schaktningen gjordes.

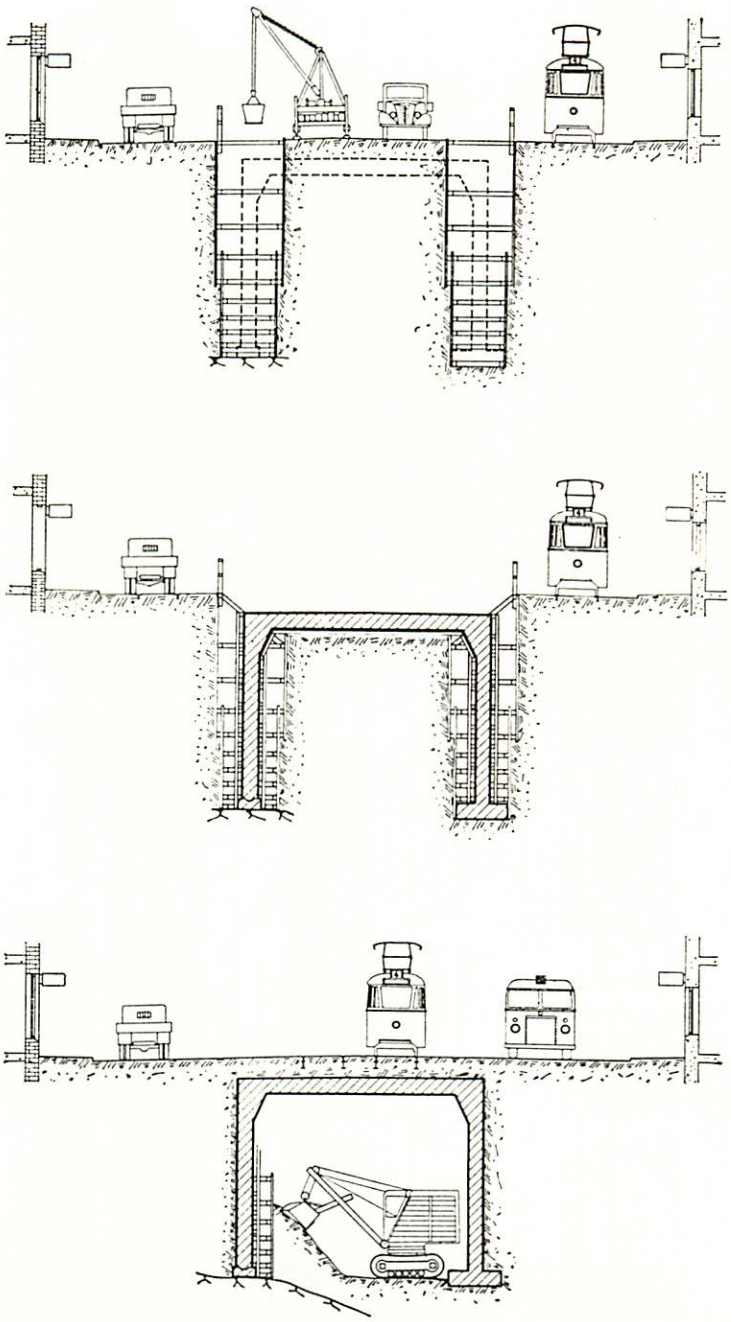


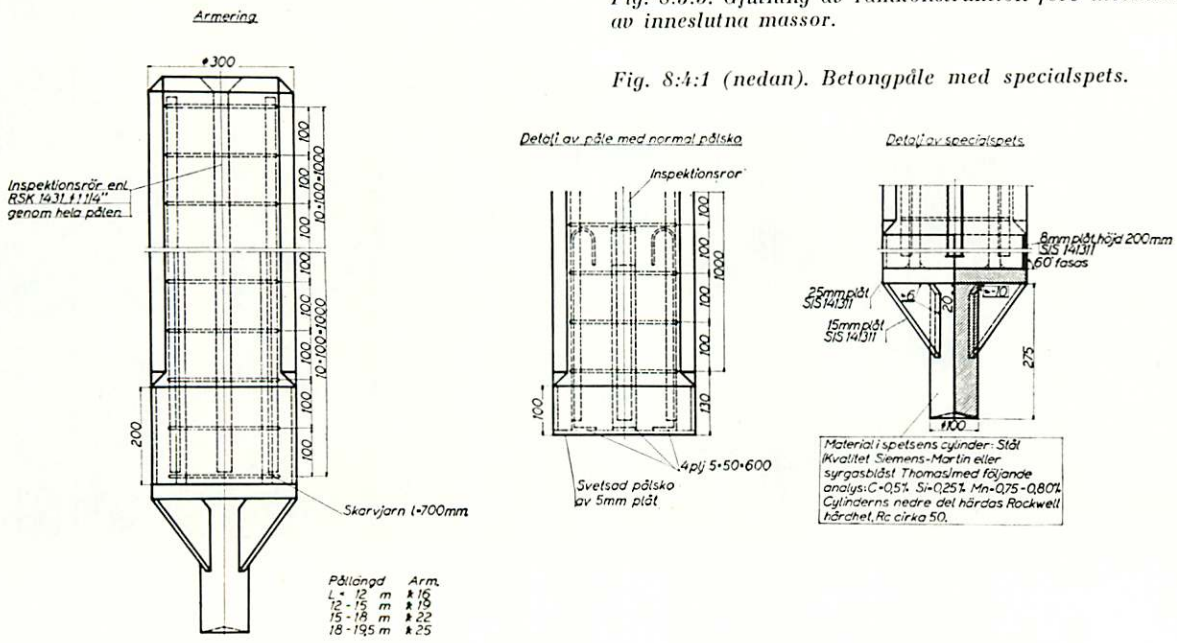
Fig. 8:3:5. Gjutning av ramkonstruktion före utschaktning av inneslutna massor.

:4 Pålning

BETONGPÅLAR

I allmänhet har pålning utförts med betongpålar 25×25 cm eller 30×30 cm, gjutna i Btg I Std K 400 med tillåten last 30 resp. 45 ton. Normal pålspets har därvid använts, utom vid sluntberg, där specialspets kommit till användning (fig. 8:4:1).

Fig. 8:4:1 (nedan). Betongpåle med specialspets.



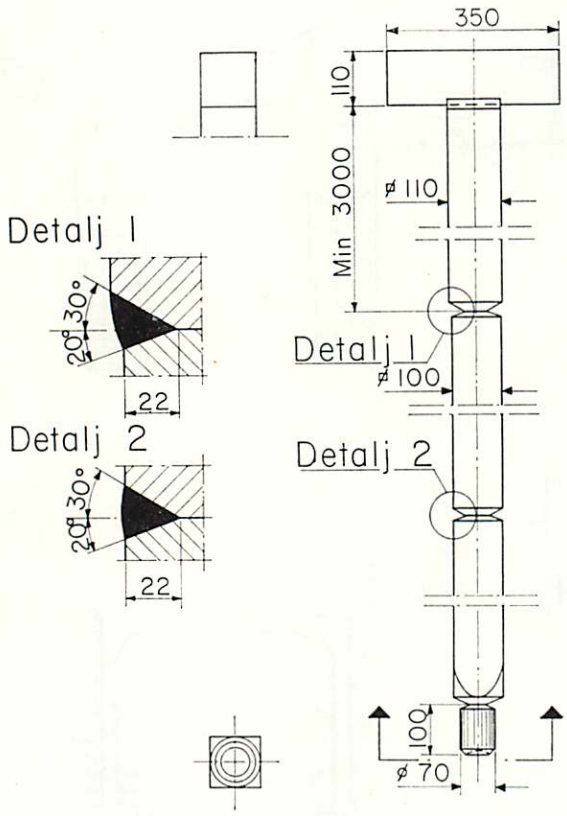


Fig. 8:4:2. Stålpåle av fyrkantstål.

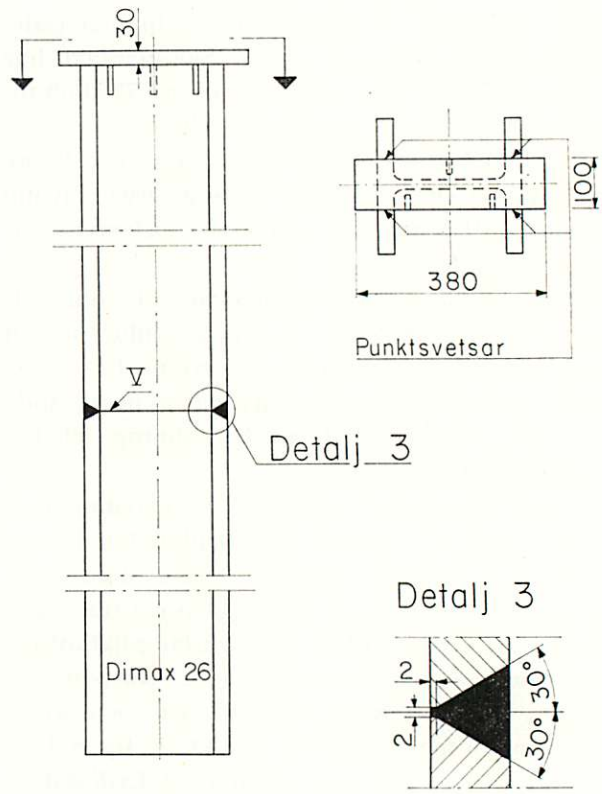


Fig. 8:4:3. Påle av stålbalk typ DIMAX.

Fig. 8:4:4 (nedan). Benotopålning vid Söder Mälarstrand.

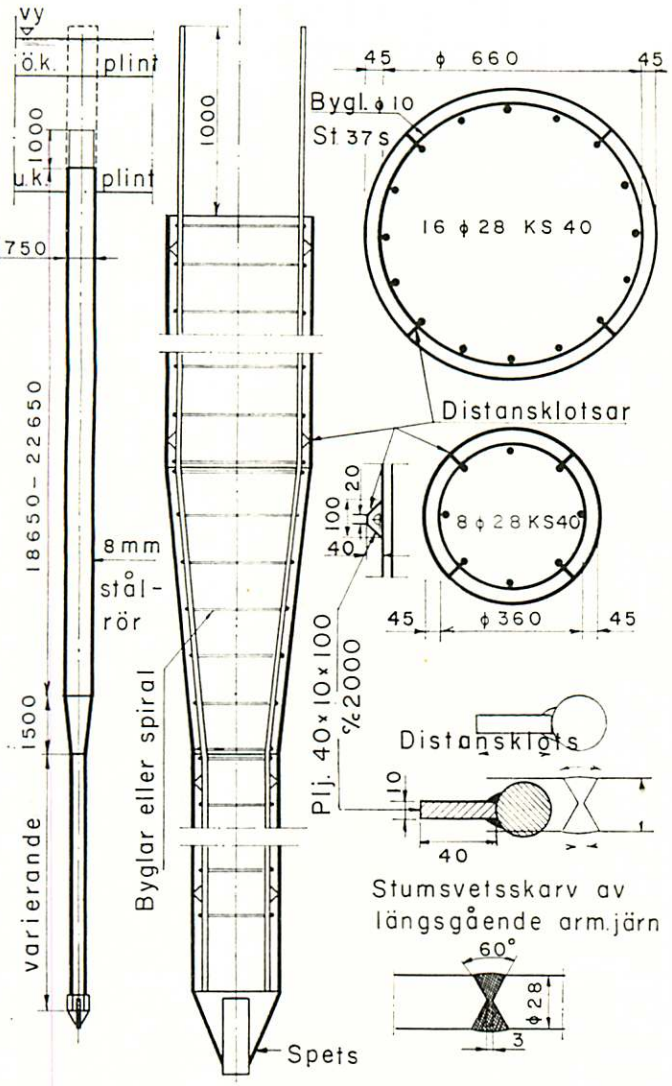


Fig. 8:4:5. Stålrörspålar med konisk mejselförsedd spets.

STÅLPÅLAR

Vid station Gamla Stan användes stålpålar av fyrkantstål 10×10 cm (fig. 8:4:2), tillverkade av s.k. valsämnen av otätat syrgasblåst thomasstål av kvalitet 1311. Inom området hade konstaterats sättningar och horisontella förskjutningar av marken och man valde stålpålar p.g.a. dessa pålars stora bärförmåga i förhållande till mantelytan. Med hänsyn till rostrisken utfördes pålarnas övre del — 3 m — med tvärsnittet 11×11 cm. Normal belastning var 50 ton per påle och längden varierade mellan 7 och 33 meter.

Även pålar av stålbalkar DIMAX26 användes vid nämnda station, fig. 8:4:3. Normal pålbelastning var 65 ton.

STÅLRÖRSPÅLAR

Järnvägs- och gatubroarna över Söderström är grundlagda på stålrörspålar (fig. 8:4:5), kvalitet 1311 vilka slogs ned till fast botten — max. 60 m — varpå förtillverkade armeringsskelett sänktes ned i dem och betongfyllning av kvalitet Btg I K 400 utfördes med hjälp av en specialtillverkad, vibratorförsedd gjutflaska (fig. 8:4:6). Påldiametern var 75 cm i vattnet och 45 cm i mark och normal pållast 100 ton.

BENOTOPÅLAR

Vid slagningen av stålrörspålar vid Söder Mälarstrand för järnvägs- och gatubroarna uppstod stora sättningar och sidoförskjutningar i marken med risk för skred som följd, varför en skonsammare pålningsmetod, benotopålning, valdes. Ut-

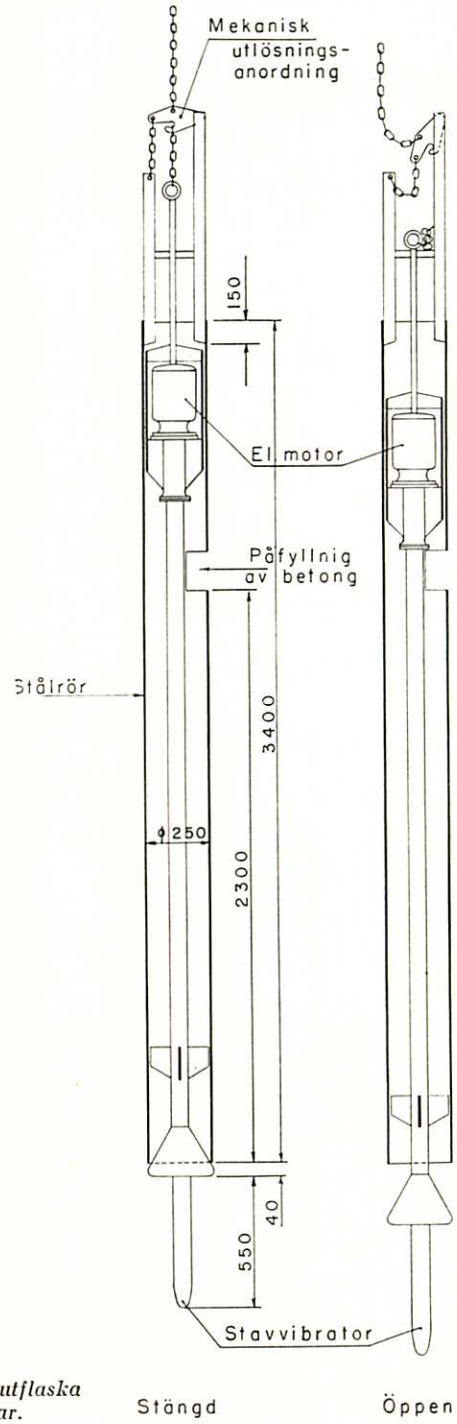


Fig. 8:4:6. Gjutflaska för stålrörspålar.

rustningen bestod dels av en kran i vilken en hejargripskopa manövrerades och dels av en s.k. tubeuse, som gav ett vertikalt plåtrör med 1,5 m diameter en fram- och återgående vridningsrörelse (fig. 8:4:4). Härigenom och genom att hejargripskopan hämtade upp material ur röret sjönk detta genom sin egen tyngd. När rören nedförts till berg eller till sådant djup att en grundpåkänning av 30 kg/cm² kunde tillåtas, göts en betongpropp under vattnet varpå rören länspumpades, armerades och fylldes med betong.

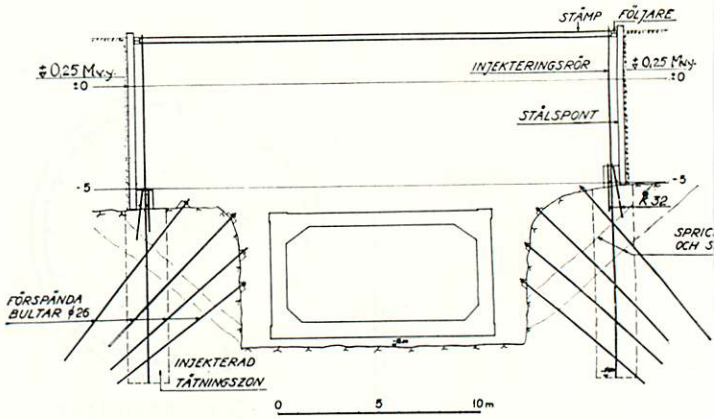


Fig. 8:5:2. Spontdamm av stål.

:5 Fångdammar

Vid små vattendjup har normalt använts enkel spontdamm, vid stora djup fyllnadsdamm och kasundamm.

Den enklaste dammtypen, *träspontdammen* (fig. 8:5:1), användes vid vattendjup upp till ett par meter. Den bestod av en bordläggning av 3″ plank, vilande mot 8″×8″ bjälkar monterade på vertikala stålbalkar. Vid små vattendjup fästes dessa nedtill med i berget fastinjekterade bultar och vid något större vattendjup vid förankrade betongplintar. Upptill stöttades dammväggarna mot varandra med fackverkssträvor.

Spontdamm av stål, typ BZ och Larsen, har använts vid vattendjup upp till ca 8 m (fig. 8:5:2). Dammarna stödde nedtill mot en i berget förankrad betongplint och stämpades upptill mot varandra med I-balk. Där både jord- och vattentryck verkade på sponten förstärktes den vid större djup med stålbalkar inlagda i spontvecken.

Utförandet av denna damm fordrade i allmänhet en hjälpspont, placerad på insidan av huvudsponten. Dykarna schaktade sig ned till berget mellan dessa båda spontväggar och förankrade huvudsponten.

Enkel spontdamm ger en förhållandevis stor horisontell belastning på berget per ytenhet och fordrar därför ett gott berg eller ett väl förstärkt berg under dammen. Omfattande bergförstärkning med huvudsakligen förspända bultar utfördes under dammarna, där pallsprängning skulle utföras mellan dem. Bultningen påbörjades, när dammarna länspumpats och bergytan frilagts men pågick även under sprängningsarbetets gång, då pallarnas bergsidor efter hand förstärktes.

Vid vattendjup över 7 à 8 m användes normalt *fyllnadsdammar, dels s.k. kofferdammar* (fig.

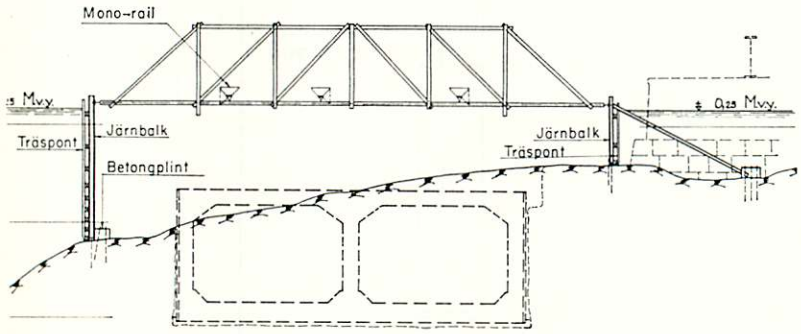
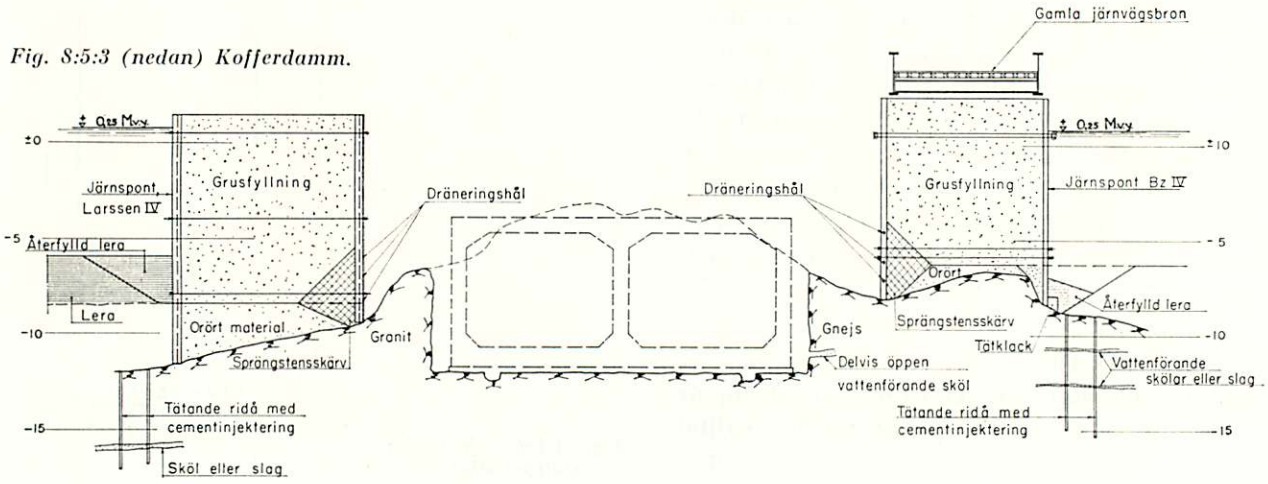


Fig. 8:5:1. Sektion genom träspontdamm.

Fig. 8:5:3 (nedan) Kofferdamm.



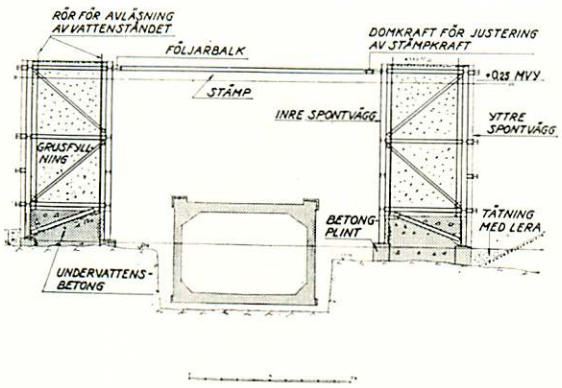


Fig. 8:5:4. Styv fyllnadsdamm.

8:5:3), *dels styva fyllnadsdammar* (fig. 8:5:4). De förra är mera utrymmeskrävande än de senare, men genom sin enkla konstruktion förhållandevis billiga och användes därför där utrymmet så medgav. Kofferdammarnas bredd var ungefär lika med vattendjupet, medan de styva fyllnadsdammarna var 5 m breda.

Efter rensning av bergytan med grävmaskin eller mudderverk och mammutpumpar, betjänade av dykare, ställdes vid kofferdammarna spontplankorna ned mot berget och dubbades fast. På den yttre spontväggens utsida tätades dammen antingen med lera eller undervattensgjuten betongplint. Mellan spontväggarna, som var förbundna med dragstag, fylldes grus sedan ett filter av bl.a. sprängsten lagts på den inre spontens utsida och dräneringshål tagits i den inre spontens underkant. Efter länspumpningen kontrollerades regelbundet vattenståndet i kofferdammarna i nedsatta vattenståndsrör.

Efter rensning av bergytan enligt ovan nämnda metod göts vid de styva fyllnadsdammarna ett antal $^1/_2$—1 m höga betongplintar på berget. Förtillverkade stålfackverk, utgörande dammens stomme sänktes ned på plintarna (fig. 8:5:5). På ut- och insidan monterades stålspont och på berget göts mellan sponterna en längsgående betongplatta av 1,5—2 m tjocklek. Mellan spontväggarna fylldes grus sedan dräneringshål tagits i den inre spontens underkant och en avstämpning utfördes upptill mellan dammarna före länspumpningen. För att minska verkan av temperaturändringar värmeisolerades stämpen, och stämpkrafterna justerades höst och vår med hjälp av domkrafter. Liksom vid kofferdammarna kontrollerades vattenståndsnivån i dammarna regelbundet.

Kasundammar av betong med bredden 2,5 m, längden 10 m och höjden 11—16 m användes på ett område där bergets beskaffenhet var dålig och fyllnadsdammar av utrymmesskäl ej kunde användas (fig. 8:5:6 och :7). Kasunerna hade

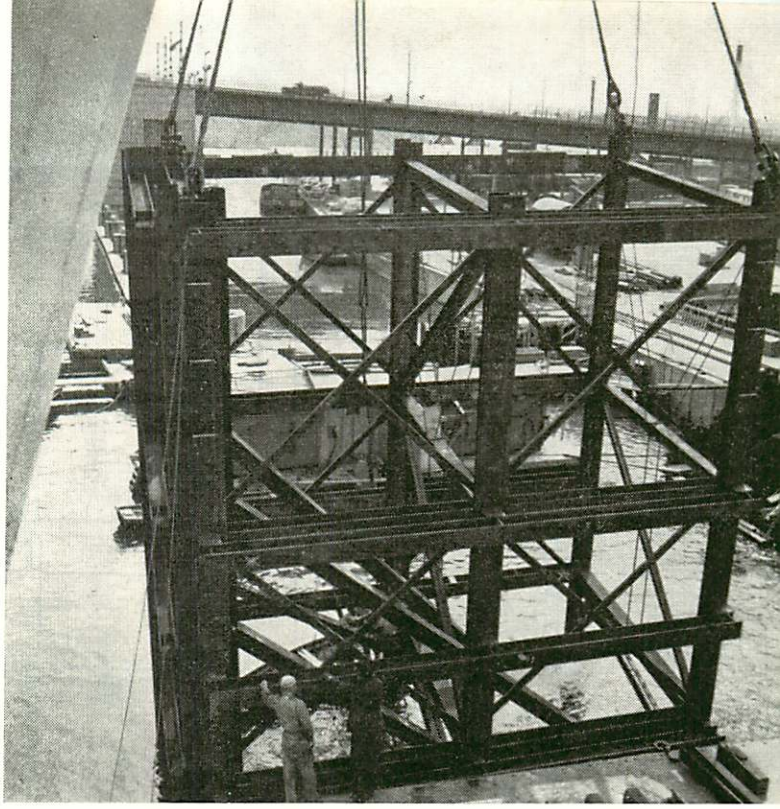


Fig. 8:5:5. Sänkning av förtillverkat stålfackverk avsett som dammstomme.

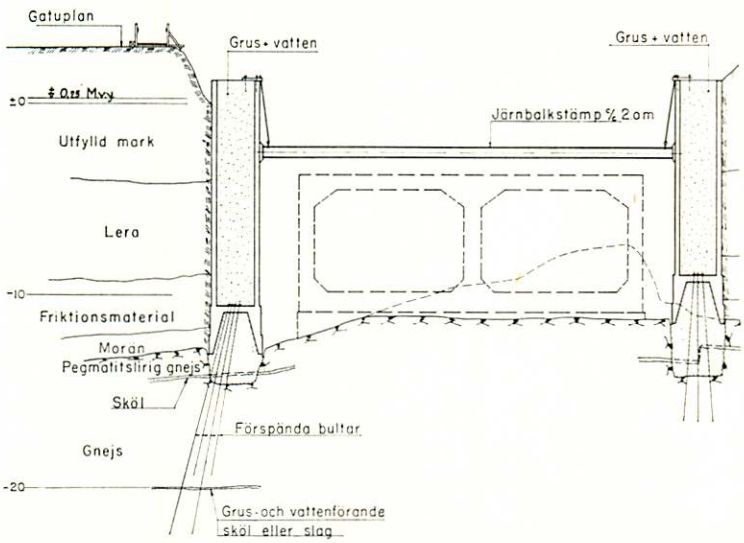
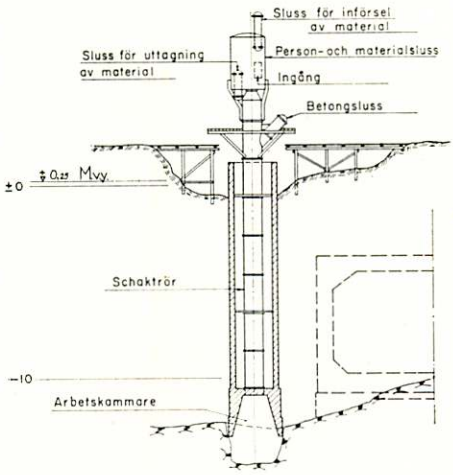


Fig. 8:5:6. Fångdamm av småkasuner.

Fig. 8:5:7 (nedan). Småkasuner.



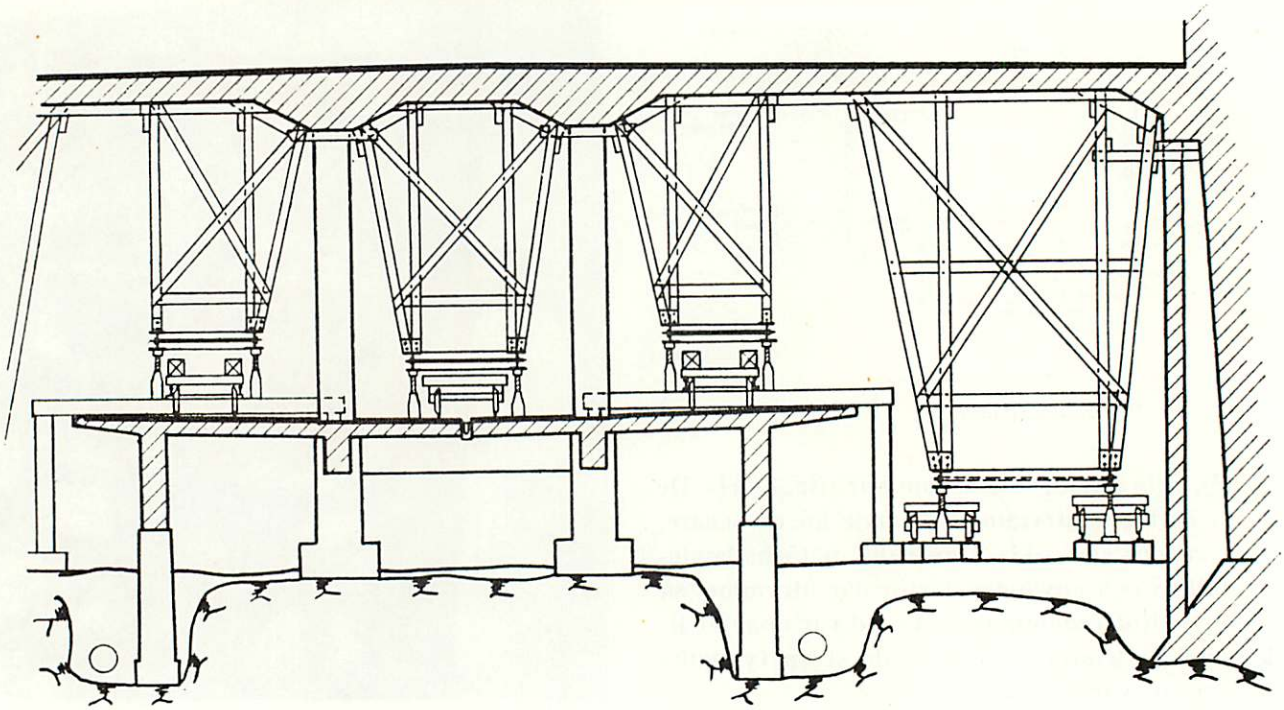


Fig. 8:6:1. Formvagn vid station S:t Erikplan.

nedtill en arbetskammare, som hölls under övertryck motsvarande vattentrycket och pågöts upptill allteftersom sänkningen fortskred. De förankrades nedtill med förspända bultar, vilka borrades ned 5—8 m i berget. Berget under dammarna var mycket dåligt och omfattande nedbrytning och sprängning måste göras. Arbetskammaren fylldes senare med betong och kasunen för övrigt med grus medan springorna mellan kasunerna tätades med betong. Horisontalkrafterna på kasunerna överfördes upptill av stålstämp, som värmeisolerades. Med domkrafter gavs stämpen ett initialtryck för att minska kasunernas inspänningsmoment vid berget.

Under samtliga dammtyper utfördes före länspumpningen omfattande cementinjekteringsarbeten inom området där berget var sprickigt och slagrikt.

:6 Formsättning, armering och betonggjutning

Nord-sydbanans innerstadsdel löper från S:t Eriksgatan till Hötorget till övervägande del i betongtunnlar. De lösningar av konstruktiva problem som här kunnat nås har inte möjliggjort en förenklad, rationaliserad formsättning i den utsträckning som de utförda kvantiteterna förutsättningslöst kunde inge förhoppningar om. Formbyggnad för betonggjutning är alltid ett konstruktionen underordnat problem och här har utförandet därför måst ske efter gängse metoder med användning av lösvirke.

För vissa arbetsobjekt har det emellertid funnits möjligheter att använda formar flera gånger och de har då byggts på spårbunden underbyggnad.

Detta förfarande har på nord-sydbanan praktiserats vid utförandet av taken över stationerna Fridhemsplan, S:t Eriksplan och Odenplan. Den första är den enda bergstationen och har under det förstärkta bergtunneltaket försetts med tunna inklädnadsvalv som lagts upp på i förväg gjutna upplag. Valven har tillverkats på en vagn med underbyggnad av stål och form av slipad betong. De har gjutits i ena änden av stationen och transporterats på formvagnen till sina slutliga lägen där de sänkts ned på upplagan. En

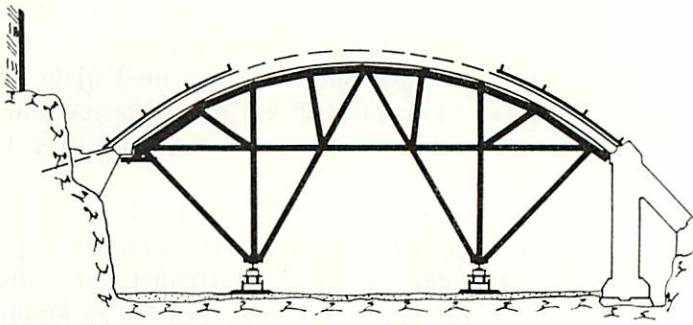


Fig. 8:6:2. Flyttbar formställning vid station Odenplan.

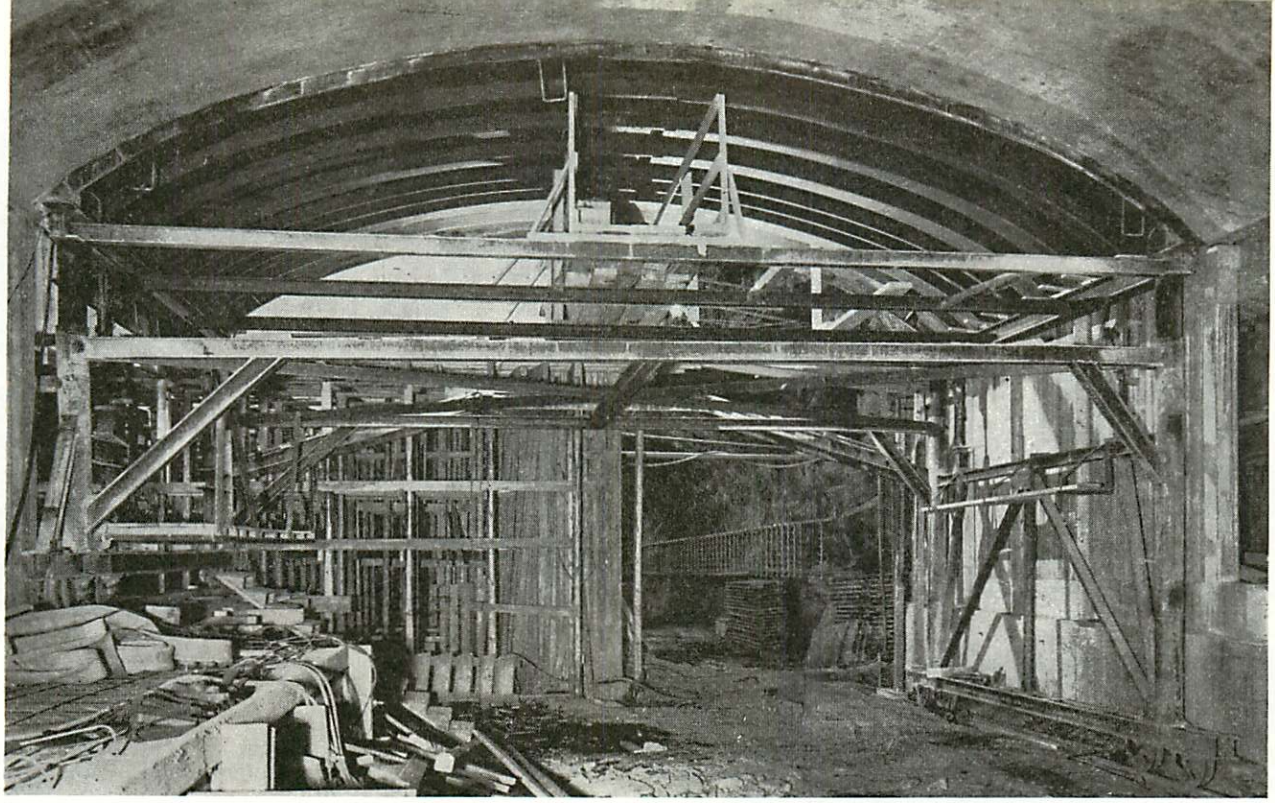


Fig. 8:6:3. Formvagn av stål för stationerna Maria, Zinkensdamm och Hornstull.

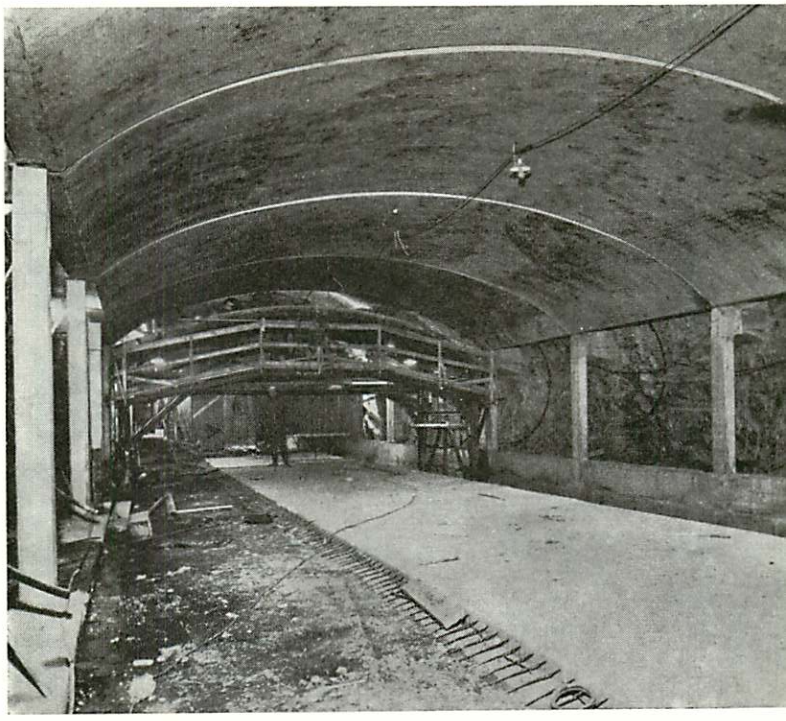
vagn användes för stationens alla 48 valv. De båda spåren täcktes in på drygt ett år.

På S:t Eriksplans station användes en flyttbar formställning till mellanbjälklaget. Detta uppbärs av två rader pelare som i kombination med de olika nivåerna, plattforms- respektive spårplanen, gjorde att formställningen måste byggas upp av fem vagnar. Den blev på så sätt 7-spårig (fig. 8:6:1). I varje gjutetapp färdigställdes 12 m av bjälklaget och formen användes 12 gånger. Taket över station Odenplan består av ett 40 cm betongvalv med 16 m spännvidd. Den flyttbara formställningen utfördes som bultad träkonstruktion som i gjutläge var placerad på 20 st 15-tons domkrafter (fig. 8:6:2). Omloppstiden för den 15 m långa vagnen var tre veckor och hela stationstaket byggdes på 7 månader.

På sydvästra banan har en rad stationer i berg givits ett uniformt utseende med möjligheter till rationalisering av formsättningsarbetet. På Maria, Zinkensdamm och Hornstull har till inklädnadsvalven använts vagnar med järnunderbyggnad och form av plåt (fig. 8:6:3 och :4). På grund av den ringa arbetshöjden till bergtak — teoretiskt 60 cm — har ett särskilt arbetsförfarande fått tillgripas. Först har valvens horisontalstöd gjutits och därefter pelarskaft upp till en halv meter under färdigt tak. Valven har sedan gjutits omedelbart ovanför dessa pelarskaft. Med hjälp av fyra domkrafter har valven, efter betongens hårdnande, lyfts något över färdigt läge och sänkts ned på halvmeterlånga betongklotsar som pelarna skarvats med. Omloppstiden har varit 1 valv per vagn och vecka. De på Södermalm använda formvagnarna skall användas på Östermalmstorg, Karlaplan, Gärdet och Mälarhöjden.

Vid byggandet av plattformarna har en annan förenkling varit möjlig. I den gamla järnvägstunneln under Söder har etablerats en fabrik

Fig. 8:6:4. Gjutning med en likartad typ av formvagn som i fig. 8:6:3.



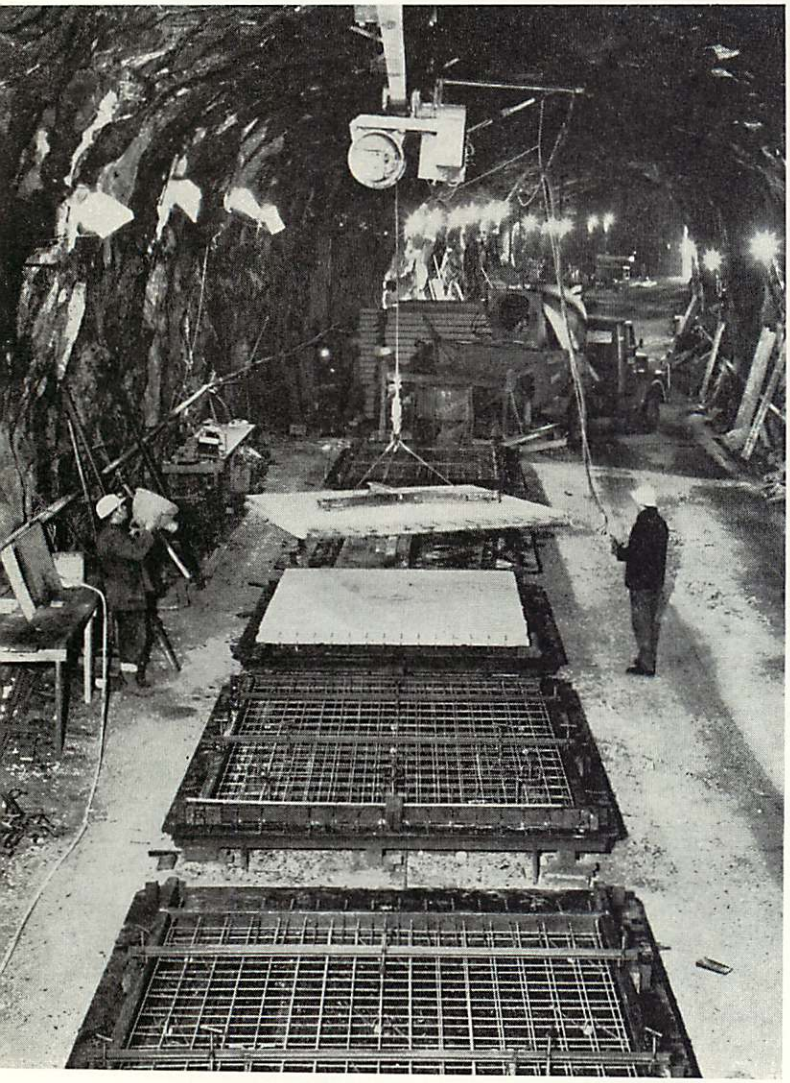
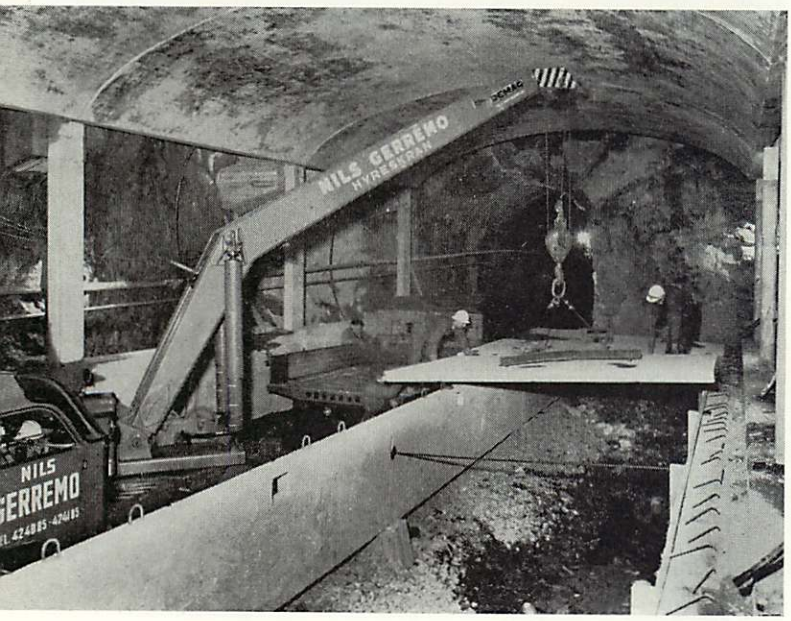


Fig. 8:6:5. Snabbgjutning av betongelement till väggar och plattformar utförda i en provisorisk fabrik i den gamla järnvägstunneln under Söder.

Fig. 8:6:6. Plattformselementen under montering.



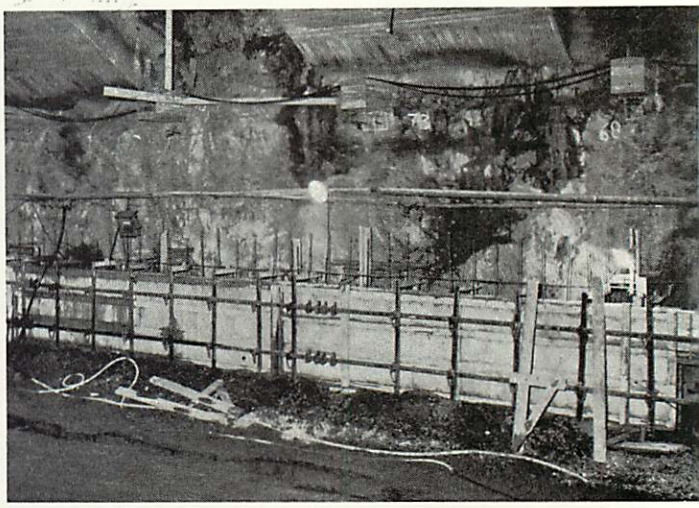


Fig. 8:6:7. Vissa partier formsattes med luckor av plywood vilka nyttjades upp till tjugotalet gånger.

för tillverkning av betongelement. På sex plåtbäddar har tillverkats väggskivor och plattor till plattformarna på fyra stationer. Tack vare tillsats av klorkalcium till betongen har elementen kunnat bäras till upplag dagen efter gjutning och det av två man presterade arbetet har motsvarat en längdmeter plattform i timmen (fig. 8:6:5 och :6).

Vidare har stationerna i stor utsträckning formsatts med luckor av plywood (fig. 8:6:7) och sammanlagt har mer än hälften av formytorna på sydvästra banans bergstationer exkl. uppgångar och biljetthallar satts med formar som använts minst 20 gånger.

Även i spårtunnlarna har formvagnar kommit till användning som synes på fig. 8:6:8 från sträckan Liljeholmsviken—Liljeholmens station. En sonderingstunnel genom mycket dåligt berg har utstrossats till full area varvid sprängning och valvsättning har gått hand i hand och den vagnen använts omväxlande som borrställning och formställning.

På nord-sydbanan har formsatts ca 325.000 m² och på sydvästra banan från Östermalmstorg till Örnsberg respektive Telefonplan ca 210.000 m².

ARMERING

Armeringsjärnet i slakarmerade konstruktioner var t. o. m. 1946 St 44. Därefter har använts Ks 40 och i någon utsträckning Ks 60 samt svetsade nät Ns 50.

Så gott som allt järn — 18.000 ton för båda banorna — har klippts och bockats på egen central järngård.

BETONG

Betongen har köpts färdigblandad från fabriker som levererat den i roterbilar. All betong är vibrerad och man har använt såväl stavvibratorer som form- och ytvibratorer. Transporten på arbetsplatserna har skett i höghjuliga 200 l kärror — ålderdomliga men välbalanserade och bekväma. Vid gjutningar under jord har man i stor utsträckning använt kanon även vid gjutning av förstärkningsbågar mot berg med gott resultat.

För fyllning av betong i det trånga utrymmet mellan berg och isoleringsplåt vid cirkulära tunneln på östra banan har man inköpt en Aliva betong-transportör som med hjälp av tryckluft transporterar torrbruk genom en gummislang i vars ände vatten tillsätts; den fungerar alltså som en betongspruta. Denna har varit en stor tillgång vid valvgjutningarna även i det trånga utrymmet mellan inklädesvalv och bergtak på sydvästra banans stationer. Vid sprutning direkt mot en plåtform blir betongytan dock inte slät och därför har gummislangen avslutats med en "energidödare" ur vilken betongen väller fram (fig. 8:6:9).

Det på byggnadsplatser allt vanligare sättet att ombesörja alla transporter med tornkran har praktiserats bl. a. vid Örnsberg, Birger Jarlsgatans biljetthall och snedhissen vid Liljeholmen.

Betongkvantiteterna var för nord-sydbanan ca 185.000 m³ och för sydvästra banan ca 65.000 m³.

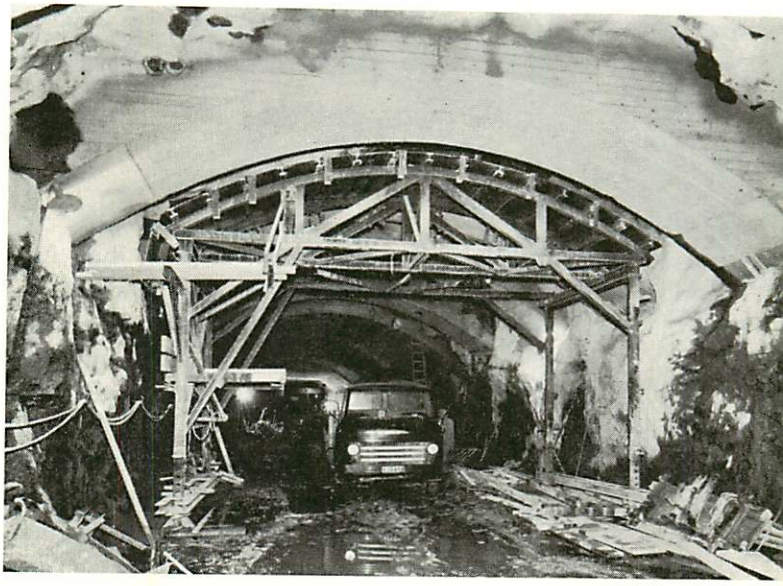


Fig. 8:6:8. Formvagnar användes även i spårtunneln på sträckan Liljeholmsviken—Liljeholmens station.

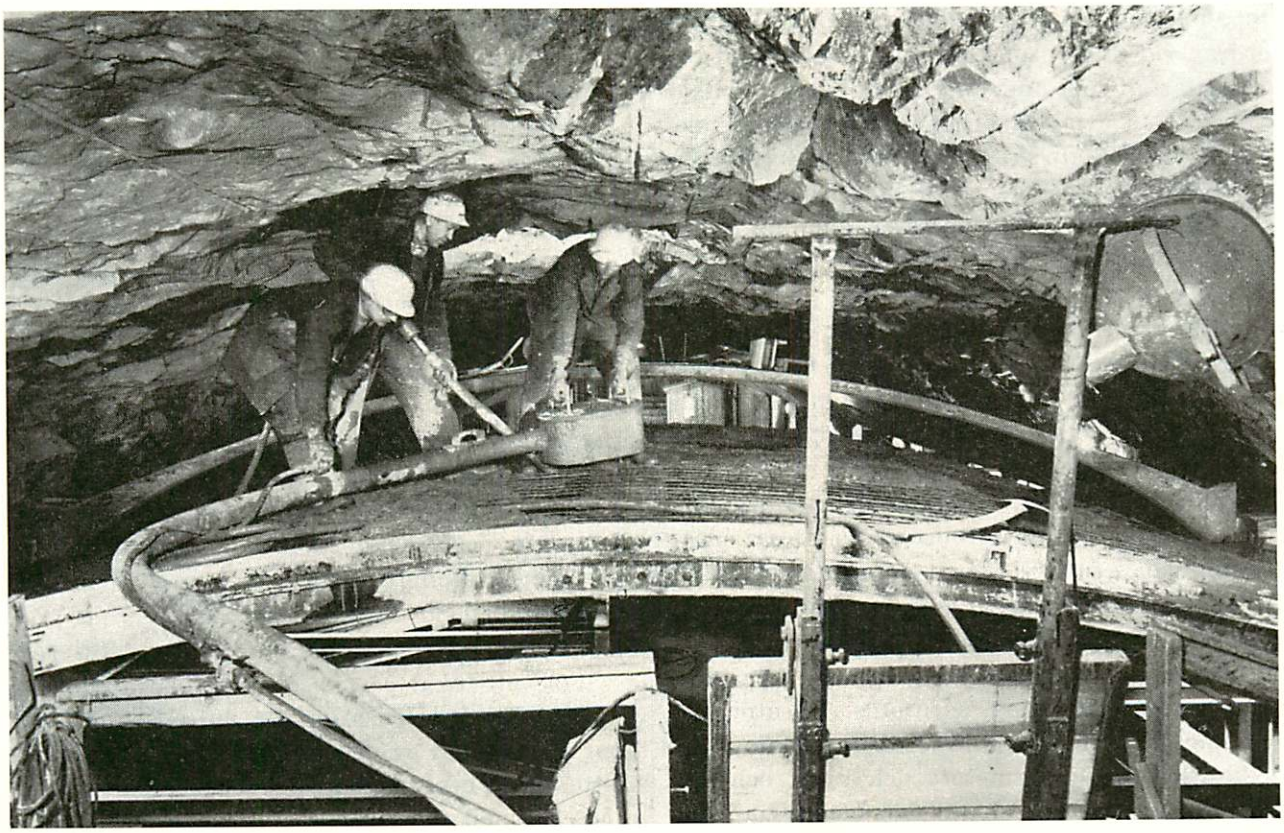


Fig. 8:6:9. Gjutning av betongvalv mot plåtform sker här med spruta försedd med "energidödare".

:7 Isoleringar

Spårtunnlarnas betongkonstruktioner har normalt försetts med någon form av *vattenisolering*. De två viktigaste undantagen från denna regel är station T-centralen och tunneln under Liljeholmsviken. För den förstnämnda utfördes en invallning av stationsområdet (se kap. 8:12) som medgav att konstruktionen kunde utföras utan vattenisolering. Vid tunneln under Liljeholmsviken förspändes betongkonstruktionen både i längdled och tvärled och stor omsorg nedlades på att få betongen sprickfri varför det inte ansågs nödvändigt att utföra ytterligare vatten isolering, (se kap. 8:13: Tunnel under Liljeholmsviken).

Vid betongtunnlar ovan grundvattenytan har tunneltaket isolerats med ett, i viktigare fall två lag gjutasfalt med för isoleringsändamål lämpad sammansättning och med en tjocklek av 12 mm för varje lager.

Betongtunnlar under vatten har i regel isolerats med 2 mm tjock Oppanol. Vid kassunsträckan vid Tegelbacken användes två lag Oppanol. I övriga fall har isoleringen utförts med ett lag Oppanol men den avjämning av betongytan, som fordras vid dylik isolering, har ersatts med ett lag gjutasfalt som underlag för Oppanolen, vilket även gett en extra säkerhet i tätningshänseende.

Som utvändigt skydd för vattenisoleringen anbringas ett lager armerad skyddsbetong vars tjocklek normalt är 6 cm, men som för vissa väggkonstruktioner av gjuttekniska skäl ibland ökas till 10 à 15 cm.

Vid undervattentunnlar av betong som byggts i bergskärning har väggarnas isolering ibland utförts före den tunnelkonstruktion den skall skydda. Därvid har 12 cm tjocka och 1 m breda betongplattor med en längd som svarar mot tunnelns höjd gjutits i horisontalt läge och försetts med ett lag gjutasfalisolering. Dessa plattor har sedan rests vertikalt nära intill bergväggarna och fästs vid dessa med bergbultar. Sedan gjutasfalten kompletterats i fogarna anbringas ett lag Oppanol jämte skyddspapp och på denna ett 30 mm tjockt lag sprutputs. Sprutputsen skyddar isoleringen mot åverkan medan tunnelkonstruktionen armerats och gjuts och ger dessutom en garanti för att den betongyta, som isoleringen kommer att pressas mot av vattentrycket, är jämn och slät utan blåsor eller eventuella "råttbon" som skulle kunna medföra bristningar i isoleringen.

Detta sätt att utföra väggisoleringen har använts av utrymmesskäl, t. ex. under byggnaderna i kv. Uggleborg, men även i vissa fall för att spara bergsprängning. Då det är av vikt att isoleringen kan följa med när tunnelkonstruktionen krymper, kapas de bultar som fäster isoleringsplattorna vid bergväggen snarast möjligt efter gjutningen och längsgående krympfogar inläggs i tunnelns bottenplatta. Trots dessa åtgärder kan det vara svårt att få isoleringsplattan att ligga an ordentligt mot tunnelkroppen. Denna isoleringsmetod bör därför inte användas när man utan större olägenhet kan isolera utifrån på vanligt sätt.

Bergtunnlar såväl under som över grundvattenytan har tätats genom injektering där så erfordrats. På de tunnelsträckor mellan stationerna T-centralen och Östermalmstorg, där bergets dåliga beskaffenhet och det stora djupet under grundvattenytan nödvändiggjorde en cirkulär tunnelsektion, utgörs vattenisoleringen av 5 mm tjocka stålplåtar, hopfogade genom svetsning vars täthet kontrollerades med hjälp av en speciell vakuumlåda. Plåten rostskyddas av betong (se fig. 5:19).

Station Östermalmstorgs biljetthall vid Birger Jarlsgatan, vars golv ligger ca 60 cm under grundvattenytan, har grundlagts på avsprängt berg. Bergytan har här tätats genom cementinjektering och de små mängder läckvatten som eventuellt kan förekomma uppsamlas genom dräneringsledningar och pumpas till avloppsnätet. Betongväggarna som avgränsar biljetthallsområdet är grundlagda på berg och anliggningen mot berget har tätats genom återfyllning med puddlad lera till en höjd av minst 0,5 m i utrymmet mellan betongväggen och bergväggen.

Där tunneln går omedelbart under byggnader har åtgärder vidtagits för att åstadkomma en *ljudisolering* som hindrar buller från tågtrafiken att fortplanta sig in i byggnaderna. En grundläggande princip har därvid varit att tunnelkropp och huskonstruktion aldrig får byggas ihop. Betongbågarna som bär ett hus i kv. Orgelpipan vid station T-centralen (se fig. 8:10:1) är ett exempel på åtgärder av detta slag.

För att öka *värmeisoleringen* och minska risken för kondensation av luftens fuktighet har undersidan av den bärande takplattan i biljetthallar, personal-, butiks- och lagerutrymmen försetts med ett lager av 5 cm tjocka träullsplattor.

:8 Frysgrundläggning

Från Vasagatan och söderut mot Tegelbacken täcks berggrunden av ett mosandlager som dels är flytbenäget, dels ofta innehåller stenblock. Ovan sandlagret ligger ett lerlager med en mäktighet av upp till 8 m. Schakt inom järnspont kunde här inte utföras på vanligt sätt. Sponten kunde inte få erforderligt fäste mot uppträdande jordtryck i det ofta mycket tunna molagret.

Även möjligheten att få tätt mellan berg och spont mot inrinnande vatten och flytsand var ett mycket stort problem. Lösningen på detta problem blev en metod med markfrysning. Spontväggen kompletterades med en inre spontvägg ca 1,8 m innanför den yttre och det smala utrymmet uppdelades av mellanväggar i fack på 10 à 12 m, varefter marken mellan spontväggarna närmast bergytan frystes. Schaktning bedrevs därefter i ett fack i taget under successiv insättning av stämp. Den tjälade marken förhindrade att spontväggarna trycktes ihop under schaktbotten samt höll tätt mot vatten och flytsand. Öppningar mellan spontplank samt mellan spont och berg täcktes med plåt som tätsvetsades och stämpades. Där spontplanken fastnat på stenblock kunde dessa öppningar på sina håll vara flera meter höga.

När berggrunden mellan spontväggarna blottlagts utfördes erforderliga bergförankringar och kring de uppstickande förankringsjärnen göts en betongplint som dels tätade mellanrummet mellan spont och berg, dels utgjorde upplag för sponten. Sedan på så vis all ytterspont permanent tätats och förankrats kunde huvudschakten tas ut och innersponten avlägsnas. De olika arbetsskedena framgår av fig. 8:8:1.

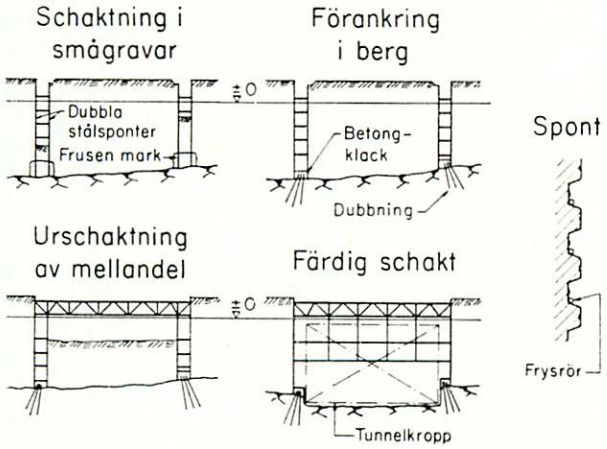


Fig. 8:8:1. Olika arbetsskeden vid schaktning i samband med markfrysning.

Frysning av marken åstadkoms genom frysrör med ∅ 100 mm som nedslagits c/c 0,9 m utefter spontväggarna. Försök hade utförts som visade att en köldlösning i röret med temperaturen —30° gav en kyleffekt per meter rör från 400 till 200 kcal/h varvid bildades en frusen cylinder med 1,5 m diameter på en månad. Med ledning härav inskaffades ett kylmaskineri med kapaciteten 60.000 kcal/h vid —40° förångningstemperatur. Detta räckte till nedkylning av 60 frysrör och underhållsfrysning av 90 rör med fryshöjd av 3 à 4m.

En förutsättning för att frysmetoden skulle lyckas var att frysrören verkligen nådde berg. Inom områden med storstensblock måste frysrörsslagningen föregås av foderrörsborrning. Genom foderrören sprängdes hindrande stenblock.

:9 Tryckluftkasuner

Där djupet till berg varit över 16 m (max. 26 m) har man gått över från frysning till kasunsänkning. Markförhållande; överst fyllning av grus och rivningsmassor, ca 4 m träspån i dy, 6—10 m lera med skärhållfasthet ca 1,8 t/m² samt närmast berg 3 —10 m flytbenägen mo.

UTFORMNING AV METODEN

Tre stycken kasuner om vardera 35 m:s längd sänktes vertikalt. För att minska erforderlig bergsprängning användes kasunernas undre spårvåning som arbetskammare, varigenom dock bottenplattan måste isoleras och gjutas i tryckluft (fig. 8:9:1 och 2). För att vinna utrymme för den sydligaste kasunen måste gatuviadukten över SJ avväxlas och grundvattenytan sänkas till —1,7 (fig. 8:9:3).

Dimensionering. För att underlätta sänkningen användes tixotrop vätska enligt professor Lorenz metod. Härigenom kunde även belastningsfallen lättare fastställas. Väggfriktionen har sålunda beräknats till 1 ton/m² mantelyta. Vidare antogs att halva lufttrycket skulle kunna försvinna (vilket också hände två gånger vid utblåsning under eggen). Vätskan hade volymvikten ca 1,6 och tillverkades på platsen av lera under intensiv omrörning och tillsättning av vatten och 1 % natriumpyrofosfat.

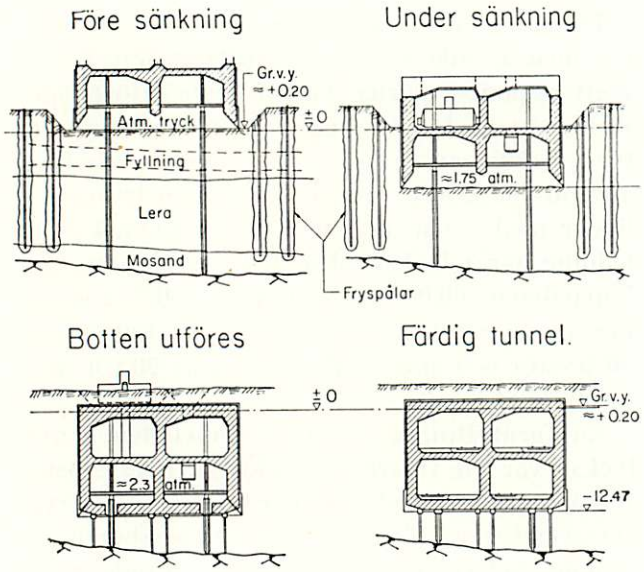


Fig. 8:9:1. Schaktningsarbetets utförande vid sänkning av kasunen samt den färdiga tunneln.

Vattenisolering. Såväl kasunens väggar som den senare gjutna bottenplattan har isolerats med Oppanol, som skyddats med 20 cm skyddsbetong. Med hänsyn till väggfriktion och inre luftövertryck har denna måst förankras genom isoleringen med erforderlig bult med specialutbildad genomföring (fig. 8:9:4).

Stabilisering mot skred i leran. I visst sänkningsläge fanns risk för skred i leran så att schaktbotten kunde tryckas upp i kasunen trots det befintliga luftövertrycket. Stabilisering gjordes i god tid genom frysning av ett antal pålar med ca 1,5 m:s diameter runt kasunen. (Frysaggregat fanns redan på platsen). Metoden medförde stora sättningar i omgivande lermark vid upptiningen.

Hopfogning av kasunerna. Kasunerna sänktes med 2 meters mellanrum, som slöts med järnspontväggar från i kasunerna ingjutna spontlås. Översidan täcktes med betongplatta och urschaktning gjordes under luftövertryck från mittkasunen sedan dennas provisoriska gavelväggar genombrutits.

ARBETSMETODER

Personalsluss. Personalslussen var försedd med två kammare och rymde på en gång hela arbetsstyrkan.

Materialsluss och schaktning. Slussen var gjord för att rymma 1 m³:s behållare. Den var cylindrisk och avgränsades i ändarna av diametralt tudelade, tryckluftmanövrerade luckor med gummi-

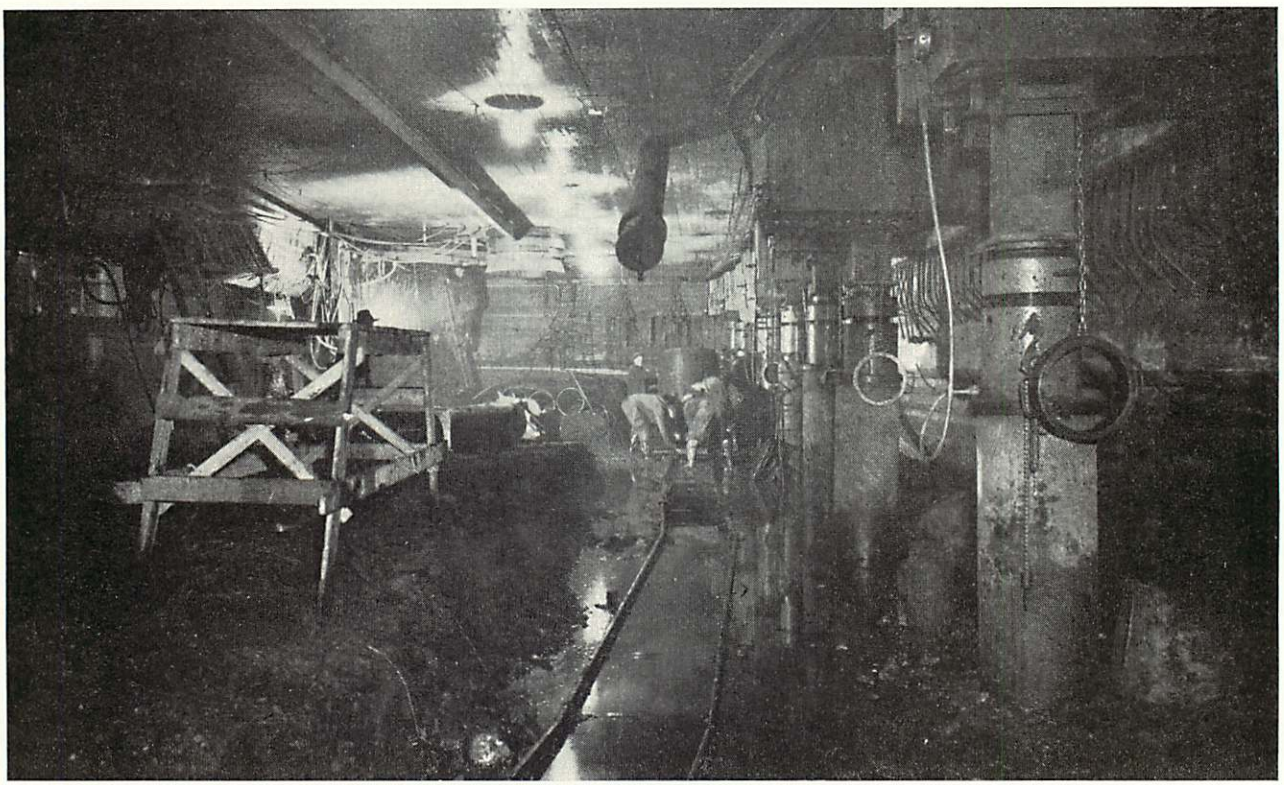


Fig. 8:9:2. För att minska erforderlig bergsprängning användes kasunernas undre spårvåning som arbetskammare. Jmf fig. 8:9:1.

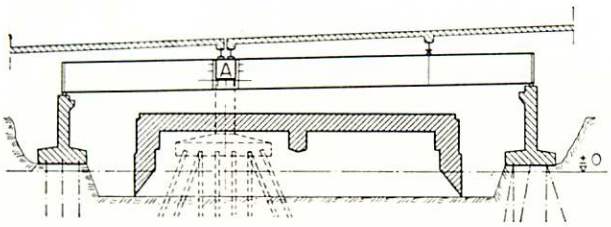


Fig. 8:9:3. För att vinna utrymme för den sydligaste kasunen måste gatuviadukten över SJ avväxlas och grundvattenytan sänkas.

klädda kanter, som tätade kring det plattstålsband i vilket behållaren hissades. Den utanför uppställda kranen manövrerades efter ljussignaler från personal i kasunen och från i slussen inbyggda fotoelektriska celler.

Schaktningen skedde med luftlastmaskin, Atlas LM 35 med 130 liters skopa, i 1,5 m:s pallar. Medelkapacitet 24 m^3/skift, max d:o 51, motsvarande 7,5 slussningar/tim.

Tryckluftanläggning. Tryckluften har levererats av två eldrivna lågtryckskompressorer och en dieseldriven reservmaskin. 0,5 m^3 luft av aktuellt tryck per minut och arbetare levererades.

Sänkning. Med hjälp av 22 st 200 tons domkrafter placerade på stålpålar sänktes kasunen 10 cm pr gång. Pålarna skars av vardera 70 cm. Vid dimensionering av pålarna har hänsyn tagits till ev. minskning av luftövertrycket. Total arbetstid pr kasun var ca ett år.

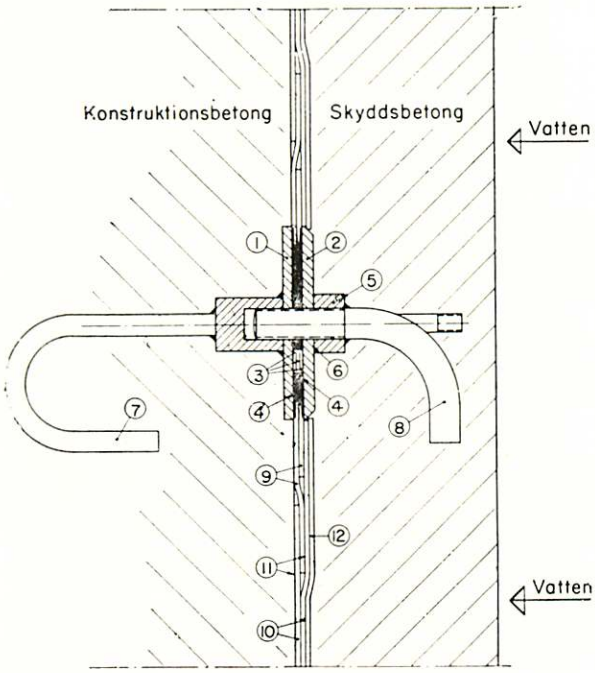


Fig. 8:9:4.Skyddsbetongen förankrades med bult med specialutbildad genomföring.

:10 Husgrundsavväxlingar

GRUNDLÄGGNING AV FASTIGHETEN I KV. ORGELPIPAN ÖVER STATION T-CENTRALEN

Inom tomten för fastigheten i kv. Orgelpipan mellan Klara Östra Kyrkogata och Klara Norra Kyrkogata på Klarabergsgatans södra sida ligger station T-centralen till största delen i öppet schakt. För att eliminera olägenheter av tågskakningarnas inverkan på fastigheten, en 4-våningsbyggnad med källare i två plan har denna grundlagts på betongbågar över tunnelbanestationen och helt fritt från densamma (fig. 8:10:1). Bågarna, 7 till antalet, har parabelform utom den båge som är belägen i fastighetens gavel mot Klara Östra Kyrkogata; denna båge har cirkulär form.

Samtliga bågar är grundlagda på berg och har utbildats som tvåledsbågar. Anledningen till detta är de stora inspänningsmoment som förutom av verkande laster erhålles av temperaturvariationer och betongens krympning i en nolledsbåge. Dessa stora inspänningsmoment innebär svårigheter vid dimensioneringen av såväl bågarna som dessas fundament, vilka av utrymmesskäl har måst begränsas.

Bågarnas form har avpassats så att i allmänhet endast utrymme i fastighetens nedersta källare har måst tas i anspråk, vilket innebär relativt flack bågform för vissa av bågarna. Lederna har utförts med ledskål och ledklack av betong med genomgående armeringsjärn vilka korsar varandra under 90° vinkel och bildar

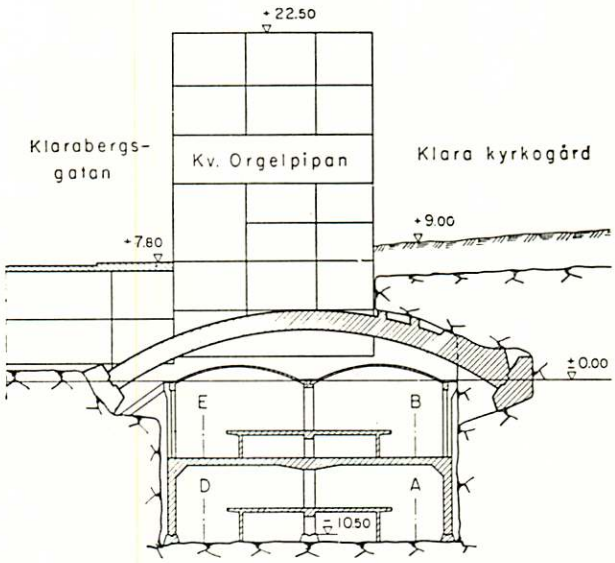


Fig. 8:10:1. För att eliminera tågskakningar har fastigheten i kv Orgelpipan grundlagts på betongbågar över station T-centralen.

Fig. 8:10:2. De 7 betongbågarna som uppbär fastigheten i kv Orgelpipan.

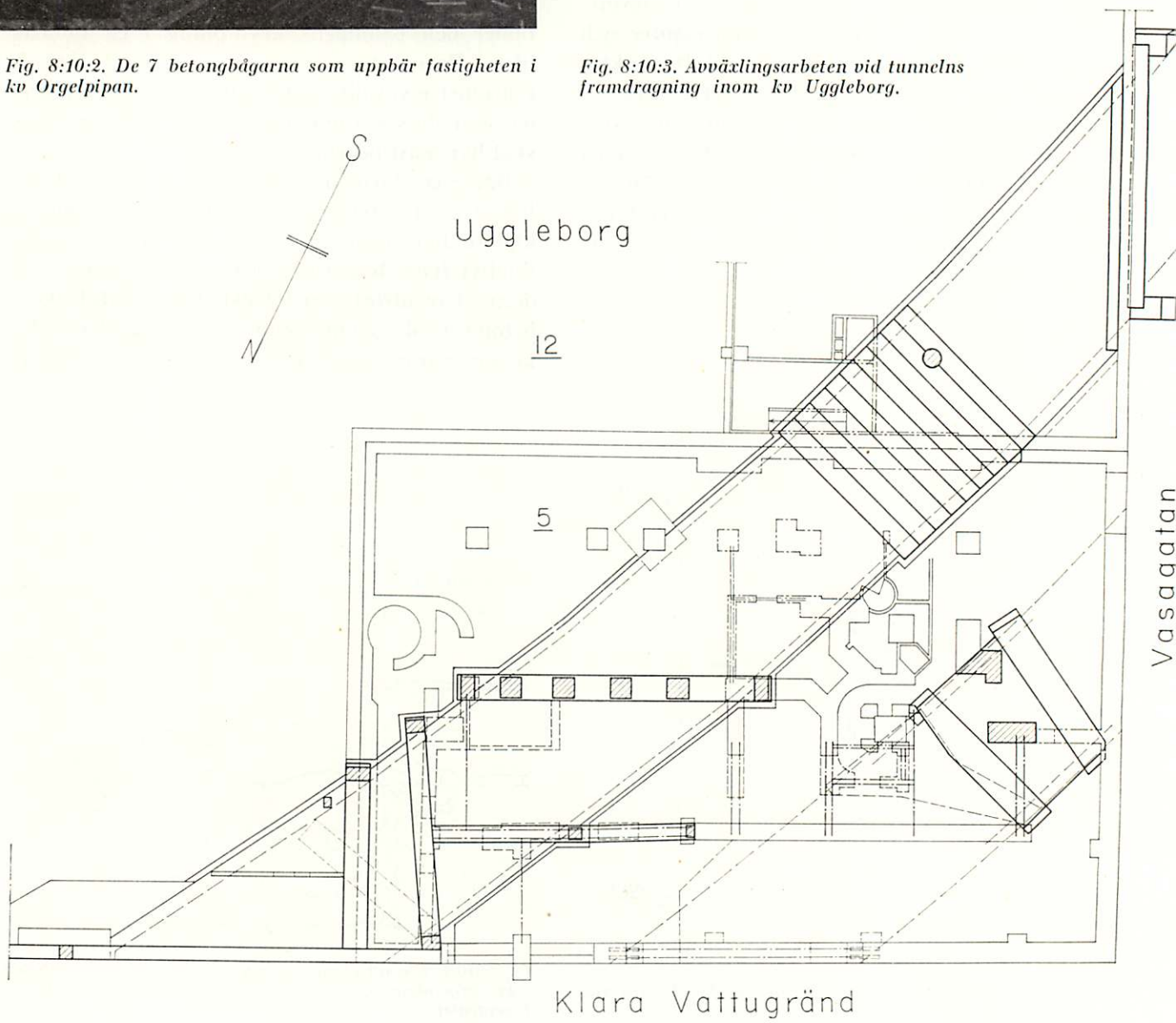
45° med ledytans normal. Normalkraften från bågen överföres endast genom anliggning mellan ledklack och ledskål medan avskärningskraften helt överföres till anfanget via armeringsjärnen.

Fundamenten har dimensionerats så att resultanten alltid faller inom kärngränserna och att grundpåkänningen högst uppgår till 30 kg/cm². Bågarna har en spännvidd varierande mellan 23,3 och 28,4, pilhöjd mellan 3,6 och 9,3 m samt bredd 2,5 och 3,5 m. Båghöjden är 1,3 m. Till sist kan nämnas att den maximala resulterande kraft som åverkar ett bågfundament uppgår till ca 2.500 t. (fig. 8:10:2).

AVVÄXLINGSKONSTRUKTIONER I KVARTERET UGGLEBORG

Inom kvarteret Uggleborg har omfattande avväxlingsarbeten utförts för att möjliggöra framdragande av tunnelbanan under fastigheterna,

Fig. 8:10:3. Avväxlingsarbeten vid tunnelns framdragning inom kv Uggleborg.



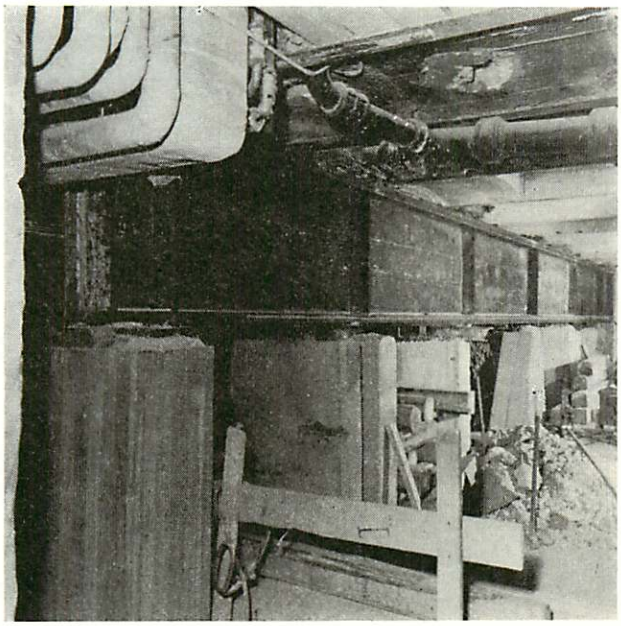


Fig. 8:10:4. Avväxlingskonstruktion med järnbalk i kv Uggleborg.

samt för en gångtunnel längs Klara Vattugränd (fig. 8:10:3). Avväxlingskonstruktionerna har dels bestått av stålbalkar på vilka lasterna från fastighetens bärande element har överförts genom kilning (fig. 8:10:4), dels av förspända betongbalkar (fig. 8:10:5). Totalt har på detta sätt laster på ca 2.500 t. från ovanförvarande byggnader avväxlats och nedförts till berg på ömse

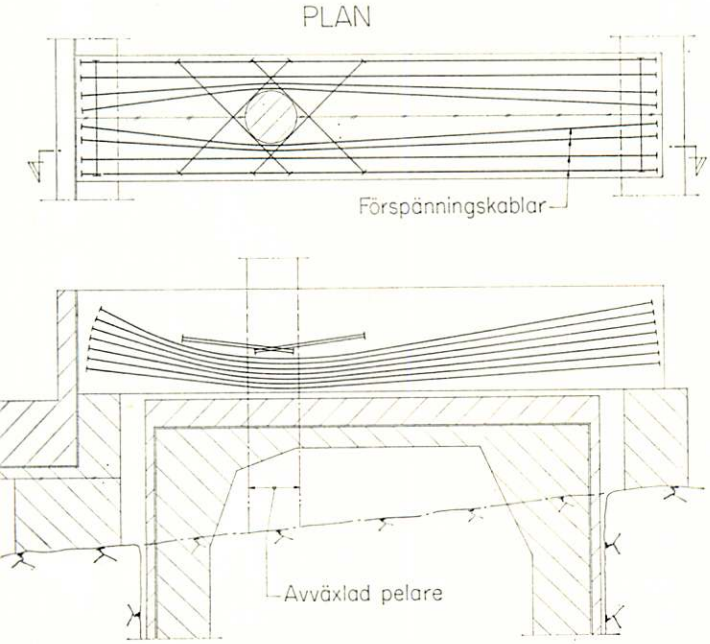


Fig. 8:10:5. Avväxling med förspänd betongbalk.

sidor om tunnelbanan. Kontroll av lastnedräkning har för stålbalkarna gjorts med hjälp av mätning med s. k. trådtöjningsgivare. Nämnda avväxlingsarbeten har kunnat genomföras utan att för byggnaderna menliga sprickor har uppstått.

:11 Bankstabiliseringar
Pålning

Där bankfyllning lagts på så dålig undergrund att sättningarna skulle bli för stora eller speciella åtgärder krävts för stabiliteten har s. k. bankpålning utförts. Denna görs med träpålar, som placeras i ett rutnät och slås till fast botten (fig. 8:11:1). I regel kapas pålarna i markytan

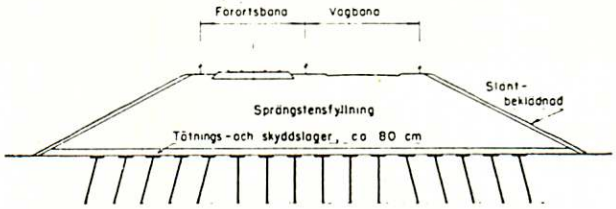


Fig. 8:11:1. Pålning under bank.

varefter varje pålskalle för kraftöverföringens skull förses med en kvadratisk betongplatta med kantlängden ungefär lika med halva pålavståndet. Pålkänningen på pålspetsen är ca 80 kg/cm² när hela bankvikten och trafiklasten medräknas. Pålarna stoppslås med 1,5 à 2-faldig säkerhet. Om pålarna måste skarvas har detta enkelt och billigt utförts såsom fig. 8:11:2 och :3 visar.

VERTIKALDRÄNERING

Vid Holmögaddsvägen på Skarpnäcksbanan tillgrep man vertikaldränering med sanddräner. för att snabbt få beräknade sättningar. Den hållfasthetstillväxt, som man samtidigt erhåller, var här icke nödvändig för bankens stabilitet. Dräneringen är avsevärt billigare än urschaktning och ersättning med annat material, som var det alternativ som hade stått till buds. På Skarpnäcksbanan vid Malmövägen utfördes även vertikaldränering på en övergångssträcka mellan pålning och urgrävning till fast botten, där man ansett att pålar skulle bli för korta. Dräneringen gjordes i båda fallen med sanddräner, som drivits ned med ett aggregat, kopplat till en grävmaskin som monterats för pålning. Sand-

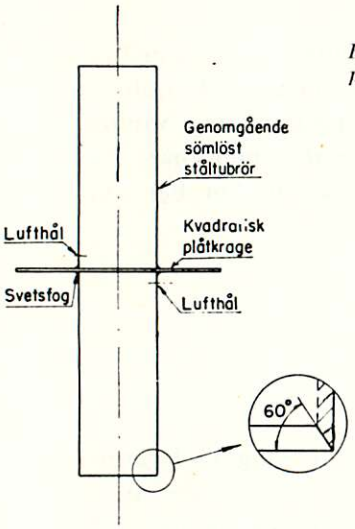


Fig. 8:11:2. Skarvning av stålpåle.

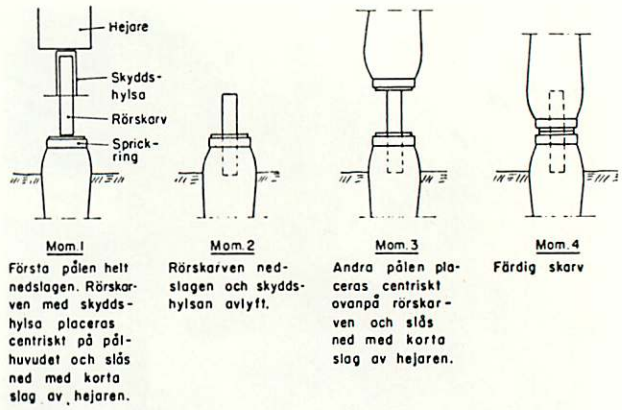


Fig. 8:11:3. Skarvning av träpåle.

dränernas diameter är 16—20 cm och avståndet emellan dem ca $1^1/_4$ m. I båda fallen beräknas 90 % av sättningen vara genomförd inom ett år.

TRYCKBANKAR

Tryckbankar har på flera platser anordnats för att säkra stabiliteten. Tryckbankar har, såsom vanligen är fallet, utförts med horisontell överyta.

URGRÄVNING

Urgrävning av lösa jordlager har tillgripits under viss del av en bank när djupet till fasta lager varit ringa. Kan de sättningar, som uppstår inom det inte urgrävda partiet tolereras, sker urgrävningen och återfyllningen med friktionsmaterial endast på så stor bredd, som en stabilitetsberäkning visar vara erforderlig.

LÄTT FYLLNING

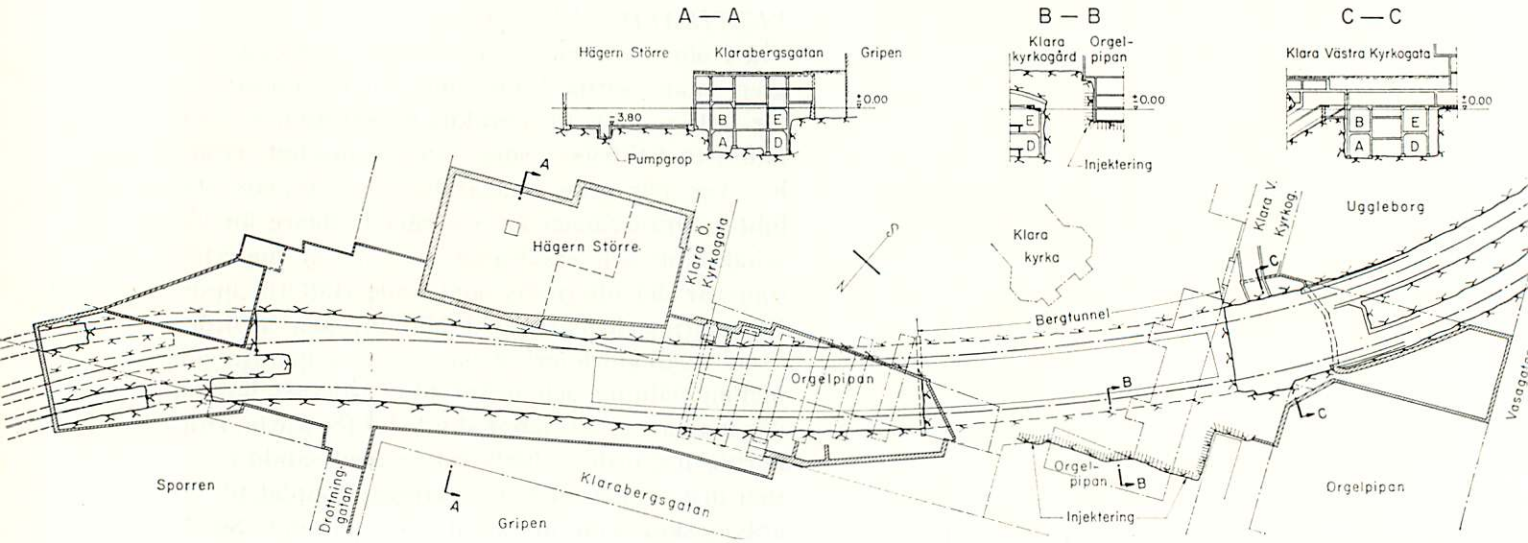
I några speciella fall har lätt slaggfyllning anbefallts i bankar, som i annat fall skulle blivit instabila eller fått för stora sättningar.

:12 Invallning

Stationen T-centralen och anslutande spårtunnlar ligger dels i bergskärning, dels i bergtunnlar. Stationens lägst belägna delar ligger ca 12 meter under grundvattenytan. Bergytan närmast intill tunnelkonstruktionen ligger emellertid på större delen av denna tunelsträcka högre än grundvattenytan.

Vid den utbyggnad av stationen som färdigställdes 1957 bedömdes grundvattenförhållandena vid stationen vara så gynnsamma att stationsbyggnaden utfördes utan vattenisolering. Vissa partier av bergväggarna måste dock injekteras och inom de områden där bergytan inte låg tillräckligt högt för att utestänga grund-

Fig. 8:12:1. Invallning av station T-centralen.

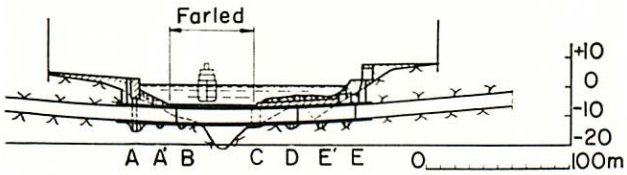


vattnet utfördes betongdammar till erforderlig höjd. På grund av kvarstående äldre bebyggelse kunde dessa dammkonstruktioner inte alltid utföras i de lämpligaste lägena 1957 utan vissa provisorier måste anordnas.

I samband med att den äldre bebyggelsen rivits och ersatts med nya byggnader har invallningen av stationsområdet kompletterats och har nu den utformning som framgår av fig. 8:12:1.

:13 Tunnel under Liljeholmsviken

Tunneln under Liljeholmsviken passerar mellan stationerna Hornstull och Liljeholmen på sådan nivå att farledsdjupet blir 6,9 m, dvs. lika med Hammarbyledens, räknat från Mälarens medelvattenyta (fig. 8:13:1) nedan.



På ömse sidor om Liljeholmsviken når berget så högt att tunneln har kunnat sprängas helt i berg. Berget försvinner sedan under farleden ända ned till 9 m under tunnelns undersida, varför ca 170 m är utförd som betongtunnel, varav ca 50 m är fribärande över den djupaste bergklyftan.

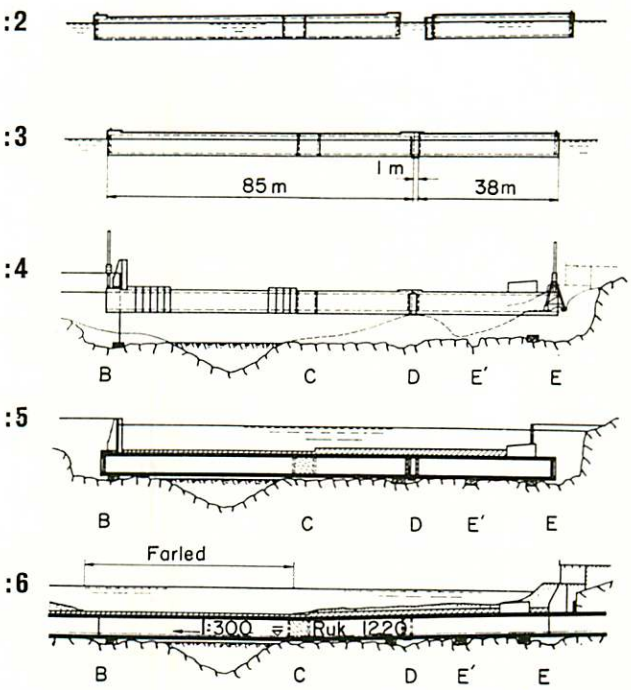


Fig. 8:13:2—6. Betongtunnelns utförande och placering under Liljeholmsviken.

Först byggdes 85 m och därefter 38 m tunnel i torrdocka. Dessa delar skarvades flytande på vattnet (8:13:2 och :3), bogserades till byggnadsplatsen och sänktes ner på plats. Till att börja med låg tunneln på upplag endast vid B och E (fig. 8:13:4). Senare utfördes upplag även vid C, D och E' (fig. 8:13:5). Fångdammarna från stränderna anslöts vid B och E till tunneländarna, varefter tunneldelarna söder om B och norr om E utfördes i torrhet inom dammarna (fig. 8:13:6). Den färdiga tunneln med karaktäristiska tvärsnitt ses på fig. 8:13:7.

Den 85 m långa tunneldel I byggdes 1958. Dimensionerna framgår av fig. :8. Den försågs med provisoriska betonggavlar och anordningar på

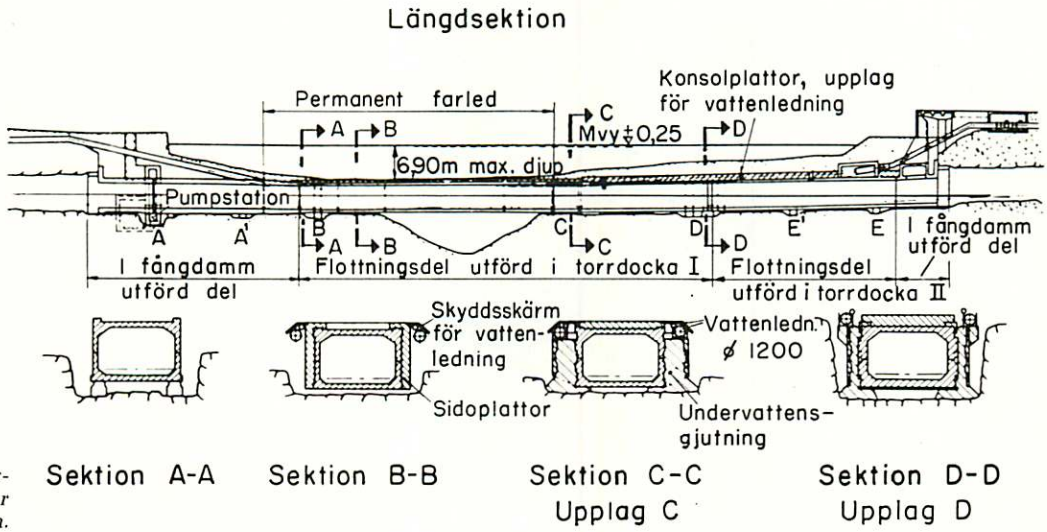


Fig. 8:13:7. Längdsektion och tvärsektioner av den färdiga tunneln.

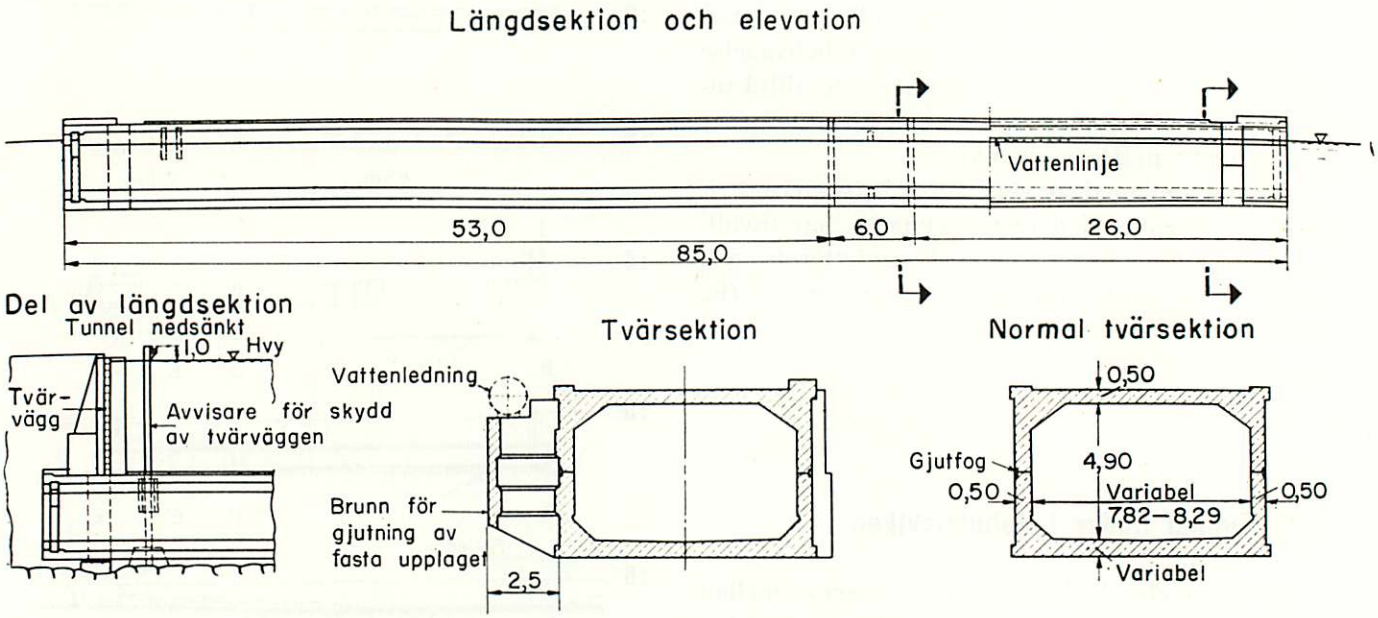


Fig. 8:13:8. Längdsektion och tvärsektion av tunneldel I.

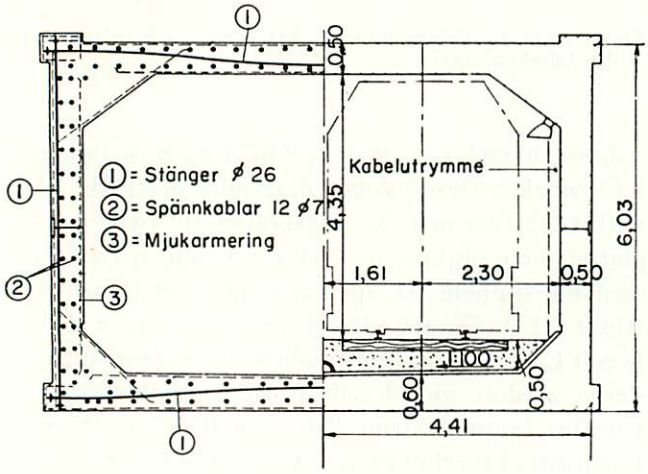
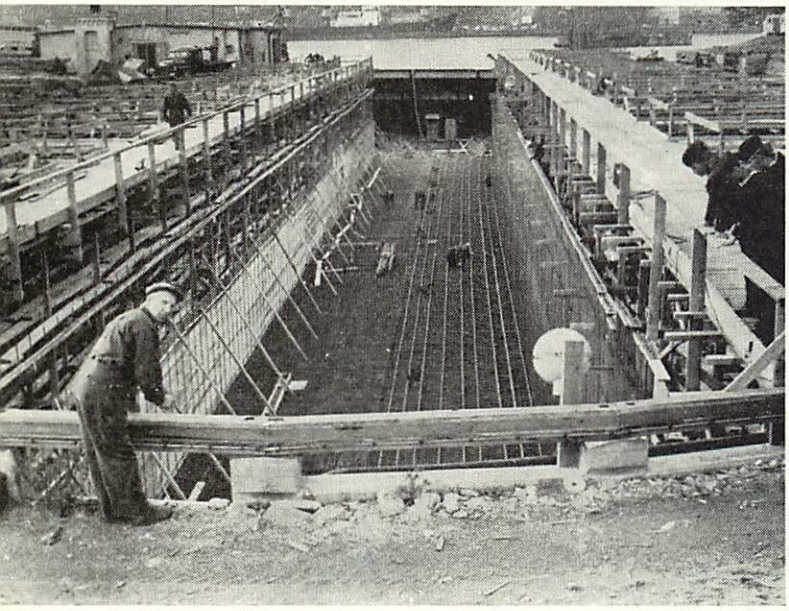


Fig. 8:13:9. Spännarmering för tunneldel I.

Fig. 8:13:10 (nedan). Tunneldelen gjöts i två omgångar med gjutfog på halva vägghöjden.



tak och väggar vid B för anslutning till den södra fångdammen. Vid C (tvärsektion C-C, fig. 9:7) anordnades på ömse sidor om tunneln en både upp- och nedtill öppen betongbrunn som efter tunnelns nedsänkning fylldes med undervattensbetong.

Tunneldelen är spännarmerad med kablar av typ Freyssinet och stänger av typ Dywidag i längd- resp. tvärled enligt fig. :9 och :10. Den göts i vattentät betong K 350 i två omgångar med gjutfog på halva vägghöjden. En månad förflöt mellan gjutningarna, som vardera pågick ca 1 ½ dygn och omfattade ca 750 m³ betong. Gjutfogen behandlades med särskild omsorg men försågs inte med tätningsbleck. Före andra gjutomgången rengjordes sålunda fogytan omsorgsfullt med s.k. rostknackare och fogytan spolades med vatten intill två dygn före den andra gjutningen. Den fick sedan torka tills den omedelbart före gjutningen beströks med cementslam. Genom den vertikala spännarmeringen i väggarna minskades risken för otäthet i fogen. Som en extra säkerhet täcktes fogens utsida med ett 120 mm brett och 12 mm tjockt lager av Sika-puts.

Temperaturstegringar i undre hälften vilka uppkommit vid betongens hårdnande uppmättes (fig. :11). Den övre hälften skulle vid avsvalningen efter hårdnandet sträva att längdförkortas men hindras av den då kalla undre hälften, varvid ogynnsamma dragspänningar i tunnelns längdriktning skulle uppkomma ovanför gjutfogen. För att undvika detta värmdes den undre tunnelhälften i lagom tid före den andra gjutomgången så att betongen över och under gjutfogen fick samma avsvalningsförlopp och därmed samma längdförkortning, varigenom de nyssnämnda

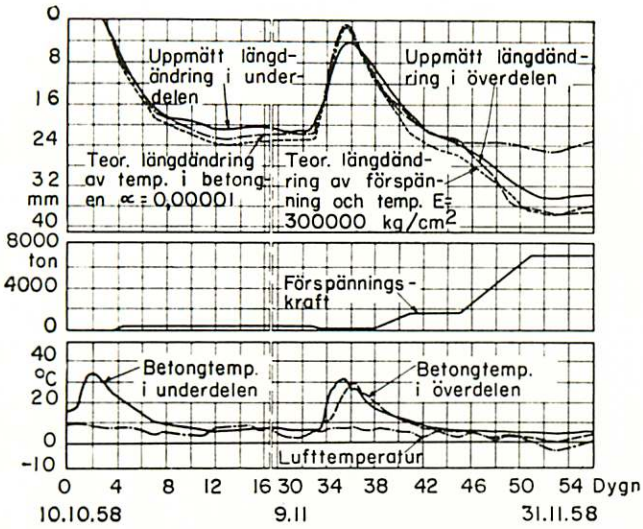


Fig. 8:13:11. Diagram över uppmätta betongtemperaturer under de första 54 dygnen samt uppmätta längdändringar i tunneln.

ogynnsamma dragspänningarna kunde undvikas. Uppvärmningen gjordes med varmvatten, som spolades genom kabelrören för de vid denna tidpunkt ännu inte spända Freyssinet-kablarna.

Eftersom tunneln inte skulle förses med särskild vattenisolering prövades tunnelkonstruktionens vattentäthet redan i dockan. Vattnet i dockan släpptes upp och lufttrycket på tunnelns insida sänktes till 0,2 atmosfärer, varigenom tryckdifferensen motsvarade det vattentryck tunneln skulle utsättas för i slutligt läge. Några fuktningar på tunnelns insida kunde observeras men dessa tätades lätt från insidan. Då detta skrives har tunneln sitt fulla vattentryck och några otätheter kan inte observeras.

Tunneldel I bogserades efter färdigställandet vid slutet av år 1958 till en förtöjningsplats vid Reymersholme, där den fick ligga och flyta medan tunneldel II byggdes i samma torrdocka följande år.

Tunneldel II utfördes enligt samma principer som nyss beskrivits. Spännarmeringen var av typ BBRV i längdled och typ SH i tvärled. I ena änden utfördes en skarvmuff (fig. :12). Denna

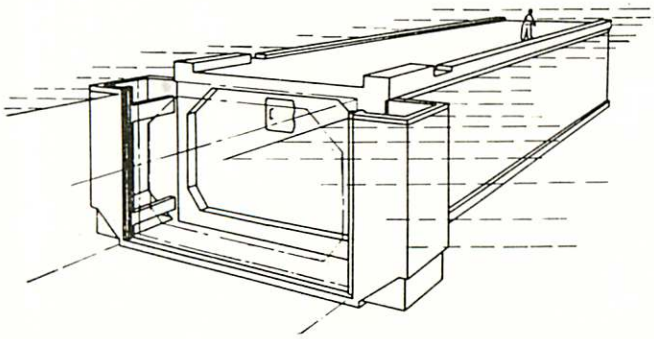


Fig. 8:13:12. Skarvmuff mellan tunneldelarna I och II.

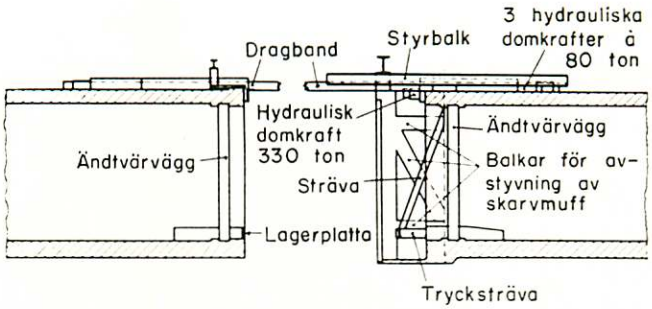


Fig. 8:13:13. Anordningar för styrning av tunneldelarna under sammanförandet.

hade botten och sidor så anordnade att när ena änden av tunneldel I — både I och II flöt med tunneltaket ca 1 m över vattenytan — fördes in i skarvmuffen och man tätade det oundvikliga spelrummet dem emellan bildades en arbetskammare runt skarvstället, inom vilken den definitiva skarvningen av tunnelkonstruktionen utfördes efter länspumpning.

Rätt omfattande provisoriska anordningar på tunneldelarnas tak och mellan tunneländarna (fig. :13) fordrades för att säkerställa en effektiv styrning under sammanförandet av I och II, så att inga skador skulle uppkomma på skarvmuffen eller på den egentliga tunnelkonstruktionen, och för att låsa tunneldelarna så fast vid varandra under skarvproceduren och, framför allt, under tiden omedelbart efter gjutningen av betongen i skarven, att inga skadliga rörelser dem emellan kunde uppkomma. Styrbalkar fastsatta på taket av del II och styrhål på del I möjliggjorde en noggrann injustering av tunneldelarnas inbördes lägen i höjd- och sidled då del I började tränga in i muffen. Tryckanliggning åstadkoms i tre punkter av tunneltvärsnittet dels genom åtdragning av kraftiga dragband runt betongklackar på tunneldelarnas tak, dels genom en omtrimning i in- och utvändiga tankar så att belastningarna på tunneldelarnas, från skarvstället sett, bortre ändar ökades. Trycket i var och en av de tre anliggningspunkterna kunde beräkningsmässigt variera men fick inte gå ner till 0. Beräkningarna grundades på en utredning, utförd vid Kungliga Tekniska Högskolans institution för teknisk hydromekanik, rörande de krafter som kunde väntas i skarvsnittet till följd av vågor m.m. vid arbetsplatsen vid Norr Mälarstrand.

Den permanenta skarven omfattade ett en meter långt tunnelrör som efter betongens hårdnande förspändes i längd- och tvärled.

Genom skarvningen hade färdigställts 124 m tunnel. På denna monterades ledningar för vat-

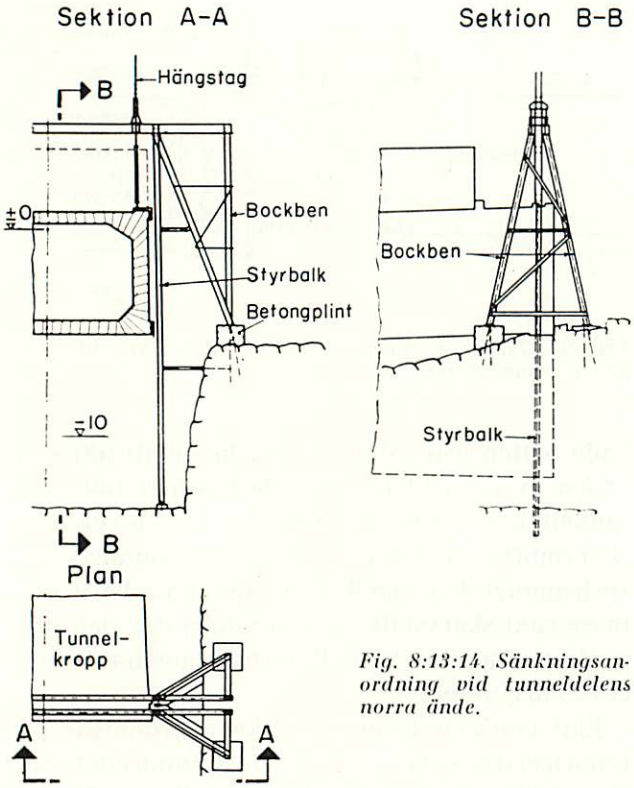


Fig. 8:13:14. Sänkningsanordning vid tunneldelens norra ände.

ten och gas, som skulle följa med vid sänkningen samt en del av de betongplattor som hade den dubbla uppgiften att förbättra tunnelns skydd mot skador genom sjöfarten (t.ex. ankring) och att öka tunnelvikten. Vidare utfördes vissa av de förut nämnda konstruktionerna i tunneländarna som efter nedsänkningen skulle underlätta till-

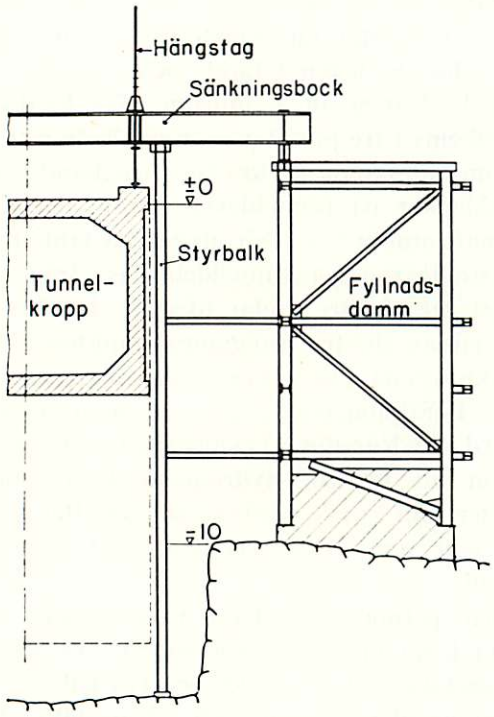


Fig. 8:13:15. Sänkningsanordning vid tunneldelens södra ände.

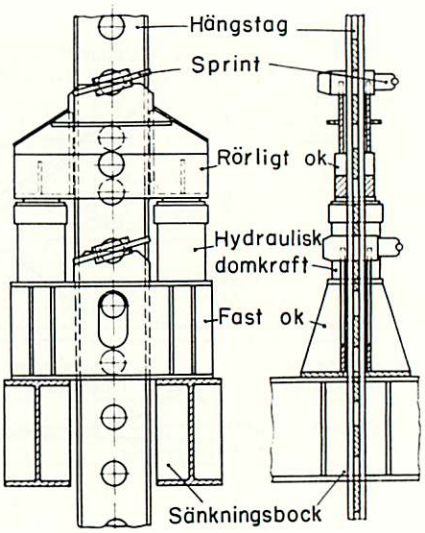


Fig. 8:13:16. Detalj av sänkningsanordningen.

slutningen av fångdammarna som byggts ut från land.

Sedan den 124 m långa tunneldelen bogserats till ett läge ovanför sin rätta plats sänktes den med hjälp av en på berget uppförd fast bock vid norra änden (fig. :14) och balkar upplagda på fångdammskonstruktionen vid den södra (fig. :15). Tunneln hängdes i vertikala stag — hålförsedda plattjärn — två i varje tunnelände. Med hjälp av fasta och rörliga ok, sprintar och sammanlagt åtta hydrauliska domkrafter (fig. :16 och :17) kunde sänkningen äga rum i etapper om 12,5 cm, växelvis i norra och södra änden. Samtidigt måste tunnelns vikt ökas för att kompensera viktsförlusten enligt Arkimedes' princip. Den erforderliga viktökningen åstadkom man genom att fylla invändiga provisoriska tankar i tunneln med vatten och genom att lägga ytterligare betongplattor på tunneltaket (fig. 8:13:18).

En meter ovan slutlig höjd avbröts sänkningen för en sista kontroll av att inga främmande föremål kommit i vägen. Två gavelförsedda och luftfyllda plåtrör med 1 m i diameter, orienterade vinkelrätt mot tunnelns längdaxel och så att de täckte hela tunnelbredden, drogs utmed tunnelns underyta från ände till ände, varigenom ett spelrum av minst 1 m kunde verifieras (fig. 8:13:19).

När tunneln vilade på ändupplagen B och E (fig. :5) gjordes en omtrimning av belastningarna så att momentfördelningen i tunnelns längdled blev så gynnsam som möjligt. Därefter utfördes det fasta upplaget vid C genom att de öppna betongbrunnarna fylldes med undervattensbetong från bergbottnen upp till övre brunnskanten (fig. :8, tvärsektion och fig. :7, tvärsek- under Liljeholmsviken.

Sedan fångdammarna vid stränderna länspumpats byggdes i direkt anslutning till den nedsänkta delens södra ände ca 30 m tunnel, som också spännarmerades i längd- och tvärled. Längsarmeringen skarvades med utstickande gängade skarvändar från den nedsänkta tunneldelen. Den till en enda monolit hopgjutna, spännarmerade tunneln är således ca 154 m.

Anslutningarna mot berget i norr och söder utgörs av slakarmerade betongtunnlar, utvändigt isolerade med stålplåt. I norr är anslutningsdelen kombinerad med en ventilationsanläggning för tunnelbanan, medan den södra anslutningsdelen sammanbyggts med en pumpstation för det vatten som samlas till tunnelbanans lågpunkt under Liljeholmsviken (fig. :7).

Mellan dessa anslutningsdelar och den spännarmerade tunneln anordnades tillfälliga dilatationsfogar som tillät längdändringar till följd av krympning, krypning och temperaturändringar under tiden fram till förvåren 1963. Alla upplag för den spännarmerade delen, utom vid C, medgav glidning.

Under en period i februari-mars 1963 infördes en extra tryckkraft på 5 000 ton i tunnelns längdriktning genom s.k. kapselpressar, ett slags domkrafter som lämpar sig för smala spalter sådana som de nyssnämnda dilatationsfogarna. Härigenom uppnådde man i första hand att friktionskrafterna i de provisoriska glidlagren övervanns, men även en extra längsförspänning i tunneln.

Sammangjutningen i de tillfälliga dilatationsfogarna ägde rum sedan den extra förspänningskraften fått verka ca en månad och medan tunnelns temperatur var lägre än som behövde befaras i framtiden då den helt omges av vatten. Härigenom kunde en tillfredsställande längsförspänning anses säkerställd.

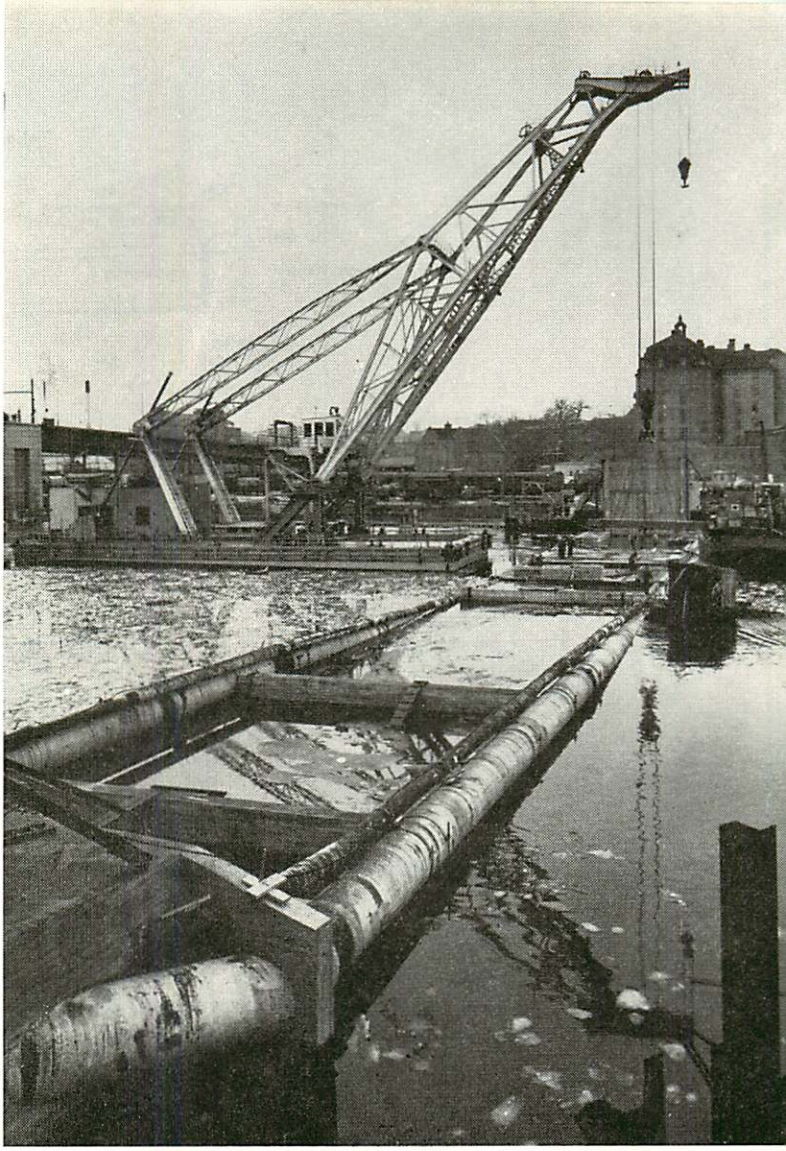
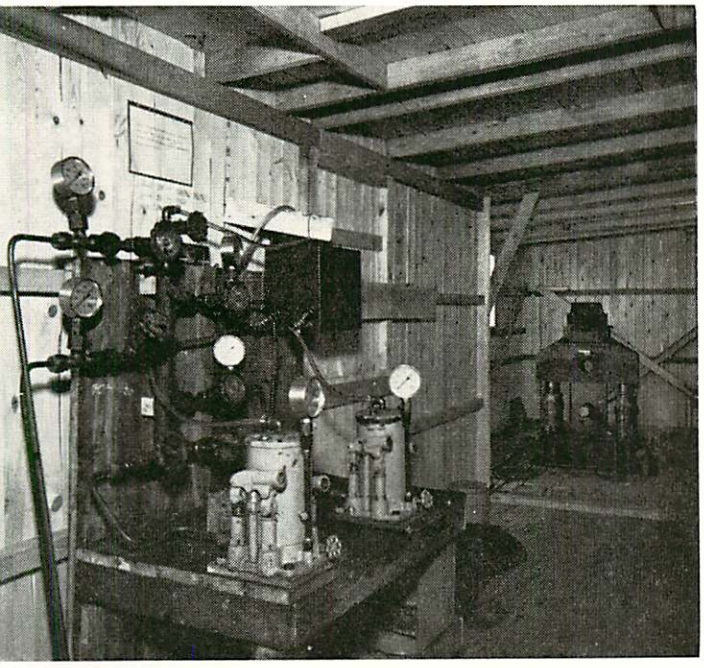


Fig. 8:13:18. För att vid sänkning av tunneln kompensera viktförlusterna enligt Arkimedes princip lastades bl. a. betongplattor på tunneltaket.



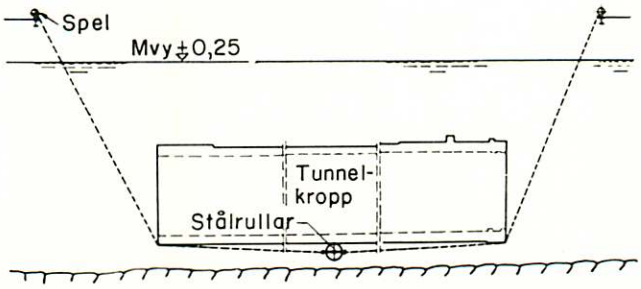


Fig. 8:13:19. När en meter kvarstod av sänkningen spelades stålrullar av 1 m diameter under tunnelkroppen för att kontrollera spelrummet.

Fig. 8:13:17 (t. v.). Vid sänkningen kom 8 hydrauliska domkrafter till användning.

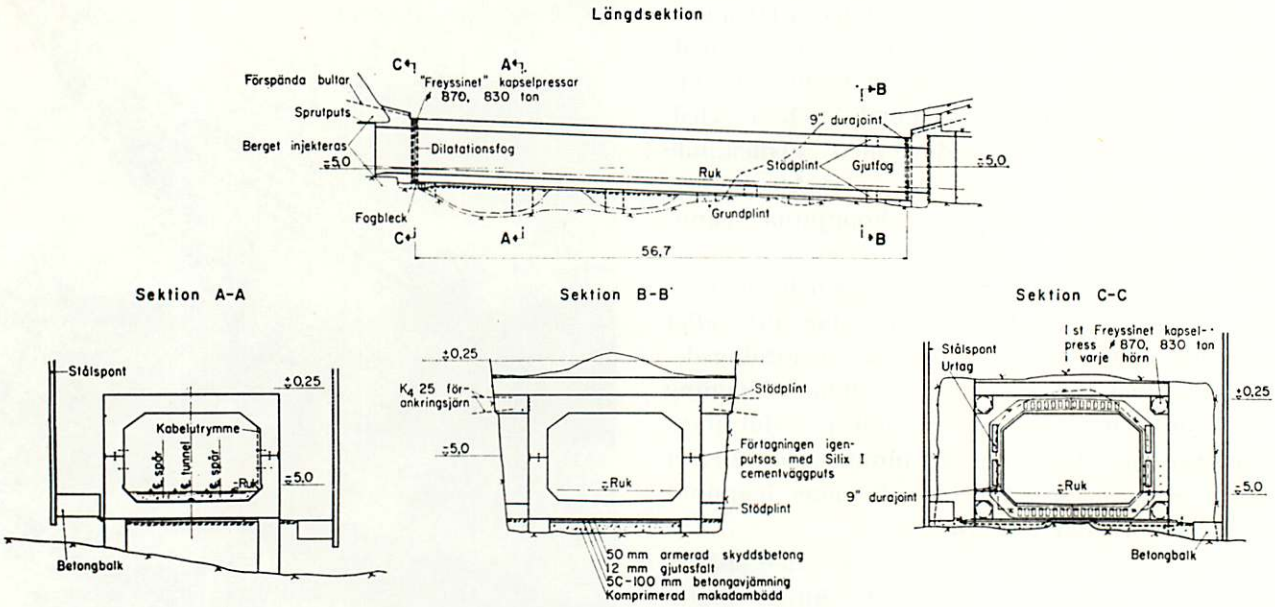


Fig. 8:14:1. Längdsektion och tvärsektion av betongtunnel vid Liljeholmsinfarten.

:14 Betongtunnel vid Liljeholmsinfarten

Mellan Liljeholmsviken och station Liljeholmen går banan i bergtunnlar utom på en sträcka av ca 60 m vid Liljeholmsinfarten, där en djup sänka i berget måste överbyggas med en betongtunnel (fig. :1). Denna tunnel, som ligger helt under MVY utfördes med slak armering och utan annan utvändig vattenisolering än den en god leråterfyllning ger. Med kapselpressar placerade i en fog i södra änden (fig. :1 och :2) förspändes tunneln i längdled varvid bergpartierna i vardera änden användes som mothåll.

Tunneln, som vilar på plintar med glidlager (fig. :3), göts i två etapper med en gjutfog på halva vägghöjden. Ett dygn efter gjutningen av den undre halvan trycktes denna ihop med 600 ton för att övervinna friktionen mot underlaget. Efter tryckningen låstes tunnel genom att stålkilar slogs in i fogen.

Vid gjutningen av den övre delen uppvärmdes den undre till samma temperatur som den övre och båda delarna fick sedan avsvalna samtidigt, varigenom man undvek dragsprickor i väggarna. Uppvärmningen arrangerades med pumpning av varmvatten genom rör, som gjutits in i den undre delen. Ett dygn efter gjutningen av den övre delen trycktes tunneln ihop med 1 000 ton för att undvika krympsprickor. En månad senare ökades tryckkraften till 3 300 ton och tunneln låstes åter med kilar. På grund av tunnelns fortsatta krympning minskade successivt tryckkraften i tunneln, men ca ett år efter gjutningen gjordes vid låg lufttemperatur en förnyad tryckning till 3 300 ton, varefter tunneln låstes med kilar och fogen göts igen.

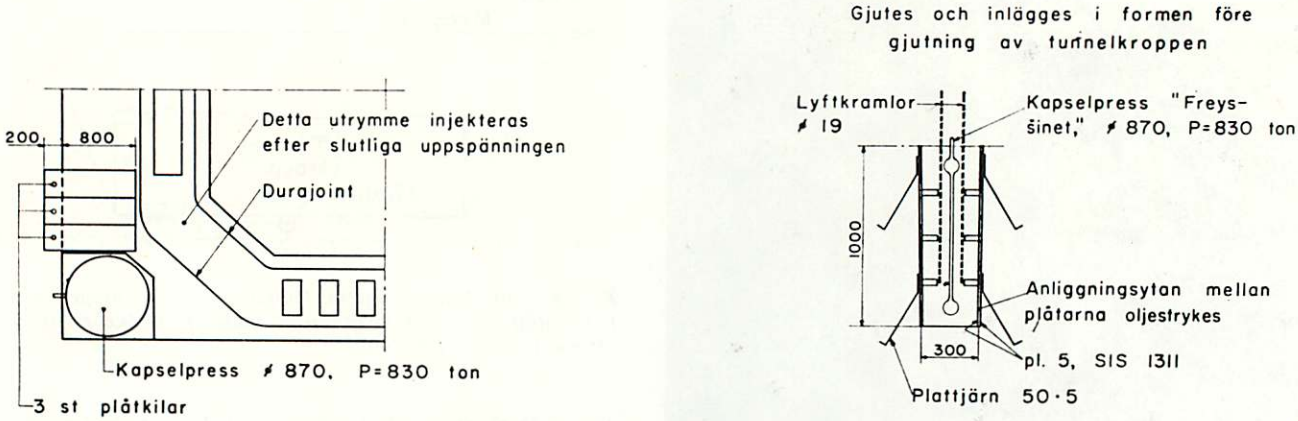


Fig. 8:14:2. T. v. del av tunneltvärsnitt visande kapselpressens placering och t. h. tvärsektion av samma kapselpress.

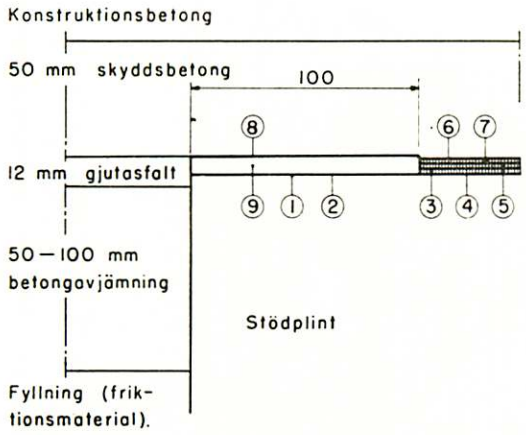


Fig. 8:14:3. Tunneln vilar på plintar med glidlager. 1. 50 m undergjutning med cementbruk 1:2. Överytan stålslipas och lägges noggrant i lutning 1:25. 2, 6 och 8. En strykning med asfaltlösning. 3 och 5. 1,5 mm väl avplanad blyplåt. 4. Ett tunt lager finkornig grafit. 7. 1 mm väl avplanad stålplåt. 9. Bitumenmatta (ök 0,5 mm över ök lager).

Ursprungligen planerades en tryckkraft på 25 000 ton, men efter en geologisk undersökning av berget vid tunnelns ändar sänktes kraften till 3 300 ton. Berget utgörs av förskiffrad grågnejs med hög glimmerhalt.

:15 Cirkulär tunnel mot Östermalm

Redan vid utbyggnaden av första tunnelbanesystemet utfördes sträckan T-Centralen—Slussen med fyra spår, varav två avsedda för blivande sydväst—östliga grenen. Härigenom låstes i början på 1950-talet höjd- och planläge för de spår, som senare skulle förlängas mot Östermalm.

Markförhållandena mellan T-Centralen och Östermalmstorg karakteriseras dels av Brunkebergsåsen i Malmskillnadsgatans sträckning med gatunivå på ca + 20 m dels av en lerfylld dalgång i Birger Jarlsgatans sträckning med gatunätet på ca + 4,00.

På grund av stora kurvradier ligger tunnlarna på långa sträckor under bebyggelse. Markundersökningarna från ytan har därigenom endast delvis kunnat utföras i banans exakta sträckning. Det stora djupet till berg har även påverkat möjligheterna att till rimliga kostnader utföra tillräckligt antal borrhål.

Genom de utförda marknundersökningarna var det emellertid klarlagt att det skulle bli svårt att få tillräcklig bergtäckning för det spår, som skulle ansluta till den övre plattformen på station T-Centralen.

SONDERINGSTUNNELN

I början av år 1957 beslöts därför att en sonderingstunnel skulle drivas inom den projekterade tunnelsektionen till Malmskillnadsgatan. Sonderingstunneln förlängdes senare och fick sin slutliga ändpunkt öster om Birger Jarlsgatan efter passage även under den tidigare nämnda lerfyllda svackan i berget, som slutligen tvingade ner tunnelbanan till ett djup av drygt 30 m under Saltsjöns yta.

Sonderingstunneln hade måtten 2,2×2,3 m och drevs från den redan 1957 utsprängda korsningspunkten mellan de två tunnelbanesystemen.

På grund av riklig vattenförekomst i berget blev en omfattande tätning medelst injektering med cement nödvändig, vilket hindrade en snabb framdrivning av tunneln (fig. 8:15:1). Från tunneln borrades systematiskt, sektion för sektion uppåtriktade hål genom berget i och för kartering av dess överyta (se fig. 5:18) och för att där-

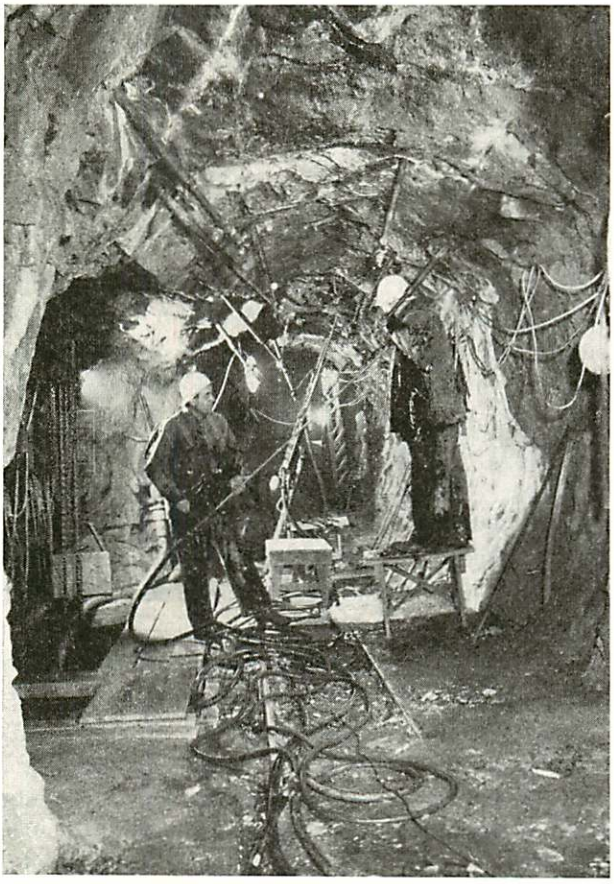


Fig. 8:15:1. Tunneln tätades mot vatten medelst cementinjektering.

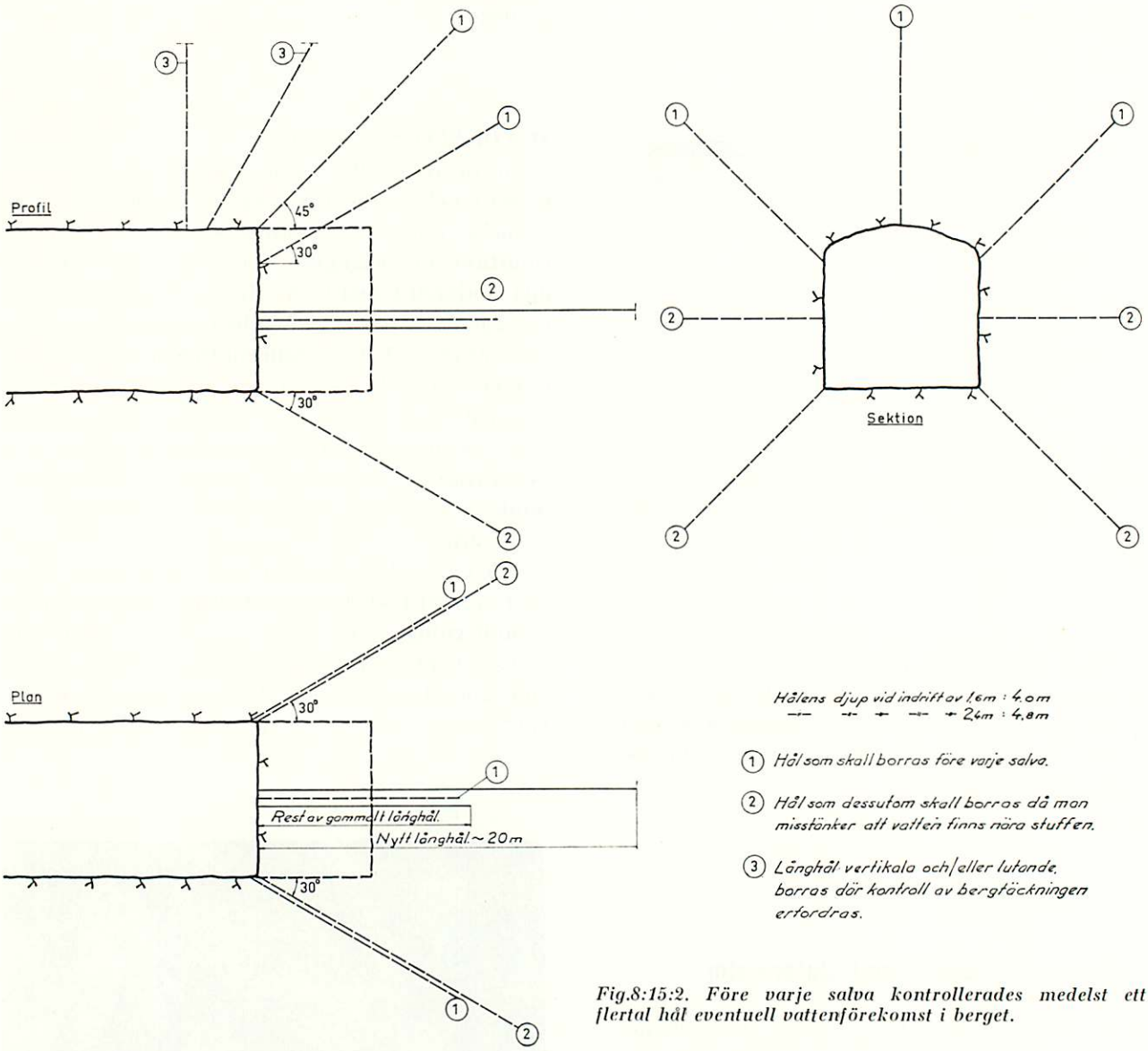


Fig. 8:15:2. Före varje salva kontrollerades medelst ett flertal hål eventuell vattenförekomst i berget.

igenom fastlägga bergtäckningen för det senare arbetet med spårtunneln. På grund av Brunkebergsåsens rikliga vattenföring måste alla karteringshål tätas med injektering. Före varje salva kontrollerades genom ett flertal hål med ett djup av ungefär dubbel salvlängd eventuell vattenförekomst i berget (fig. 8:15:2). I tunnelns längdriktning borrades successivt långhål om ca 20 m för att i förväg lokalisera vattenförekomster.

Först sedan dessa provhål utvisat torrt eller nästan torrt berg fick salvan skjutas.

Strax efter det vatten i större mängd första gången påträffades beslöt man utföra en avstängningsport i sonderingstunneln. Om ett större vattenläckage inträffade skulle denna port avstänga denna arbetsplats så att övriga arbeten i tunneln kunde fortsätta. En ytterligare anledning till detta beslut var att direkt förbindelse fanns till det redan trafikerade tunnelbanenätet, av vilket stora delar mellan stationerna Gamla Stan och Hötorget är belägna under grundvattenytan (= Saltsjöns medelvattennivå).

På grund av bergets dåliga beskaffenhet måste sonderingstunnelns tak på vissa partier stöttas med järnbalk. Bultning undveks då sådan skulle försvåra arbetet med den påföljande vidgningen för spårtunneln.

LÄCKAGET

Trots alla försiktighetsåtgärder inträffade ett svårartat vatteninbrott i sonderingstunneln den 9 april 1958. Det slag i berget som orsakade läckan hade upptäckts tidigare genom långhålsborrning och därvid visat sig innehålla finsand och finmo. Urspolning härav och injektering företogs i flera omgångar och efterföljande provborrningar visade torrt berg. Såväl kil som stross hade skjutits och utlastats i torrhet, då plötsligt vid utlastningens slut ett parti av det injekterade slaget loss-

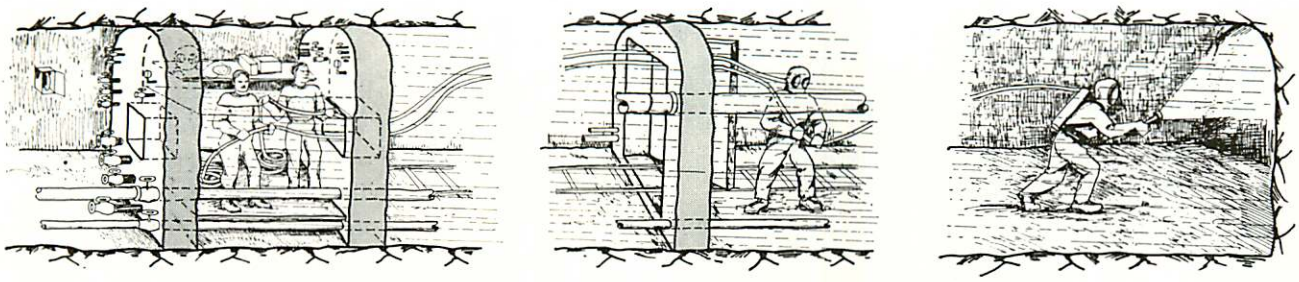


Fig. 8:15:3. Med hjälp av dykare inspekteras ett vatteninbrott i sonderingstunneln.

nade och ett kraftigt vattenflöde uppstod. Den inströmmande vattenmängden uppskattades till 6 à 8000 lit/min.

Den tidigare nämnda skyddsporten visade sig släppa igenom alltför mycket vatten för att tjäna sitt ändamål. Sedan nya pumpar placerats uppe i sonderingstunneln utfördes en ny vattentät skyddsvägg med ingjuten lucka och rörgenomföringar, varefter pumpningen kunde avbrytas och tunneln vattenfylldes helt bakom skyddsväggen. Ett par meter framför den nya skyddsväggen byggdes ytterligare en sådan som tillsammans med den första bildade en sluss.

Frågan var om det flutit in sand och grus i tunneln från Brunkebergsåsen och om det i så fall kunde förväntas sättningar i ovanförliggande hus och gatunät. I avvaktan på besked härom gavs order att inga som helst sprängningar, som skulle kunna utlösa sättningar, fick företas i grannskapet.

Undersökningen gjordes med hjälp av dykare. Dykarskötarna stod i den nämnda slussen, där med tryckluft så mycket vatten blåstes ut att de kunde ha huvudet ovan vatten (fig. 8:15:3). Sedan luckan mot den vattenfyllda tunneln öppnats gick en "tung" dykare in och öppnade den avstängningsport, som tidigare nämnts. Härefter utgick också från slussen en "lätt" dykare och passerade den "tunga" dykaren, som gav assistens med att klara ledningar och lina, och kontrollerade den ca 100 m långa tunneln. Härvid kunde konstateras att sand i endast obetydlig mängd flutit in i tunneln. Sprängningsarbetet inom övriga delar av tunneln kunde därför fortsättas, medan tätningen av läckan återstod. Dykarna ansåg det inte tillrådligt att ännu en gång gå in i tunneln — som var bemängd med diverse materiel — och försöka utföra en troligen komplicerad tätning.

TÄTNINGEN

Ett par av gatukontorets egna tjänstemän, som hade erfarenhet av arbete under luftövertryck från bl. a. kasunerna vid Tegelbacken erbjöd sig att gå in i tunneln efter en partiell utblåsning av vattnet. En tänkbar risk var att luften skulle blåsa ut genom bergtaket. Vid ett tryck av 14,5 hekto kunde läckplatsen torrläggas och undersökas. Det efterföljande tätningsförsöket blev helt framgångsrikt. Efter en prepaktgjutning under luftövertryck kunde detta släppas av och drivningen av sonderingstunneln fortsättas under skärpt försiktighet. Den slutgiltiga karteringen utvisade att bergtäckningen på en sträcka av ca 100 m av den blivande spårtunneln skulle bli 1,5—3,5 m, och att på en sträcka av ca 10 m bergtäckningen helt skulle upphöra.

SLUTLIGT UTFÖRANDE

Många av svårigheterna med passagen under Brunkebergåsen hade förutsetts. Därför har den permanenta inbyggnaden utformats med cirkulär sektion, med isolering av stålplåt och en inre bärande ring av betong. Den sprängda sektionen hade 6,5 m:s diameter och den färdiginklädda 5,2 m:s innerdiameter. Stålplåten har en tjocklek av 5 mm och den bärande betongringen är 27,5 cm (se fig. 5:19).

Med anledning av bergundersökningarnas resultat genomfördes en profiländring för spårläget så att i stället för den normalt tillåtna maximala spårlutningen 1:25 (40 ‰) på en sträcka av 230 m i det övre spåret tilläts en lutning av 1:20,6 (48,5 ‰), för att bergtäckningen skulle bibehållas på så stor längd som möjligt.

Förberedelserna för passagen av den med grus fyllda svackan under Malmskillnadsgatan utfördes efter i huvudsak två linjer. Enligt den ena skulle luftövertryck motsvarande grundvattnets tryck hållas i tunneln, varvid tunneltaket skulle i motsvarande grad avlastas och läckvattenmängden avsevärt minskas. Enligt den andra skulle berget injekteras till så stor täthet som möjligt samt gruset i svackan om möjligt förstenas så att ett takskikt över den blivande tunneln om ca 3 m tjocklek uppstod. Dessa två arbeten utfördes sam-

Fig. 8:15:4. Bergtunneln inklädes med plåt.

tidigt. Sammanlagt injekterades drygt 600 ton cement varav ca 200 i grusfickan. Injekteringen utfördes med rent cementbruk med vattencementtal varierande mellan 0,40 och 3,2. Maximalt injekteringstryck uppgick till 30 atö. Injekteringen kompletterades efterhand som provhål visade fortsatt vattenförekomst i berget. Innan injekteringsutrustningen avlägsnades utfördes även kärnborrningar för kontroll av "försteningen" i grusfickan.

Slussbyggnaden skulle även tjäna som säkerhet — för den i trafik varande T-banan — mot eventuellt vatteninbrott under den fortsatta drivningen. Denna fick därför ej påbörjas förrän sluss och kompressoranläggning färdigställts.

Med ledning av karteringen av bergets överyta och resultatet av utförda injekteringar drevs så tunneln framåt. Förstärkningsbågar, tillverkade av radiebockade Dip 16, hölls tillgängliga framme vid stuffen och sattes upp med maximalt c/c avstånd 0,70 m. Noggrann kilning mot berget utfördes och på vissa partier utfördes även motgjutning. Beräkningsmässigt skulle bågarna vid c/c 0,70 kunna uppbära 2 m berg, vilket berg sedan genom valvverkan skulle bära ovanförliggande berg- och grusmassor.

Under det sålunda förstärkta bergtaket utfördes sedan successivt den permanenta inklädnaden. Plåtar med en bredd av 1,25 m och i längder om 1/3 och 1/6 av omkretsen, dvs 6 m resp. 3 m, svetsades vid T-järnsramar uppsatta med

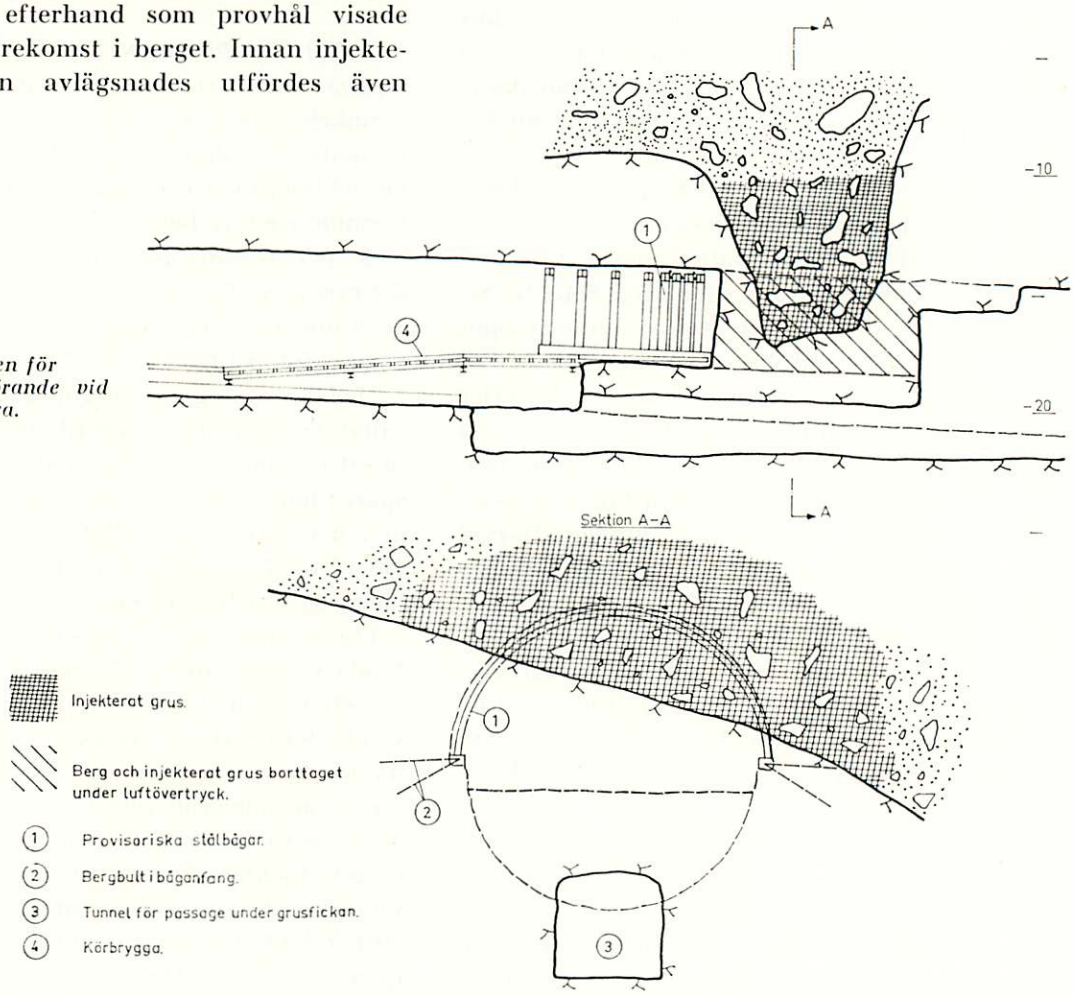


Fig. 8:15:5. Principen för tunnelarbetets utförande vid passage av grusficka.

c/c avstånd 1,28 m (fig. 8:15:4). Alla svetsfogar kontrollerades för vattentäthet med vacuumlåda. Var tredje takplåt sparades tillfälligt så att gjutning mot berg kunde ske. Gjutningen av den nedre halvan av innerringen skedde på plats med flyttbara plåtformar medan den övre halvan monterades av förtillverkade betongelement. Enligt ovan beskrivna arbetsmetod utfördes tunneln helt färdig till en punkt ca 4 m framför grusfickan.

PASSAGE AV GRUSFICKA

Vid passagen av grusfickan användes luftövertryck. Detta bestämdes till 1,2 atö, vilket är högsta tryck som lämpligen användes för full arbetstid om 8 timmar per skift. Därigenom kunde arbetet ske med kontinuerlig 3-skiftsgång. Tunneltaket låg ca 14 m under vattenytan och med ett arbetstryck av 1,2 atö fanns en marginal av 0,2 atö mot ev. utblåsning.

För att minska tiden för arbetet under luftövertryck utfördes först endast den övre halvan av tunneln. Härigenom minskade arbetet med borrning, sprängning och transport av massor, dels blev arbetshöjden lämpligare med bl. a. enklare ställningar (fig. 8:15:5).

Sprängningen utfördes så att botten och anfang för bågarna först utsprängdes och sist själva kransen. Denna borrades c/c 0,20 m och vartannat hål sköts med gurit. Tidsrymden mellan den sista sprängningen och uppsättningen av förstärkningsbågarna blev därigenom den kortast möjliga. Bågarna Dip 16 sattes tätt, c/c 0,18—0,20 m. Genom den täta borrningen och svaga laddningen fick taket trots sprickrikt berg en mycket jämn form, vilket underlättade uppkilningen av bågarna samt minskade cementbruksåtgången vid injekteringen. Injekteringen av gruset visade sig ha lyckats bra. Endast mindre läckage — intill bergytan — ägde rum och endast mindre partier grus rasade vid skjutningarna. Den första veckan bakgöts 4 bågar, den andra 6 bågar och de följande 8 à 10 åt gången. Hela arbetet under luftövertryck utfördes på drygt 7 veckor, vilket innebar en framdrift av ca 1,5 m per vecka.

Sedan tunneltaket förstärkts på detta sätt släpptes luftövertrycket, och utsprängningen av den undre tunnelhalvan utfördes, varunder dock slussbyggnd och kompressorstation hölls i beredskap för eventuellt vatteninbrott. Därefter utfördes den permanenta inklädnaden och efter drygt fyra års arbete från sonderingstunnelns påbörjande hade denna passage slutförts (fig. 8:15:6).

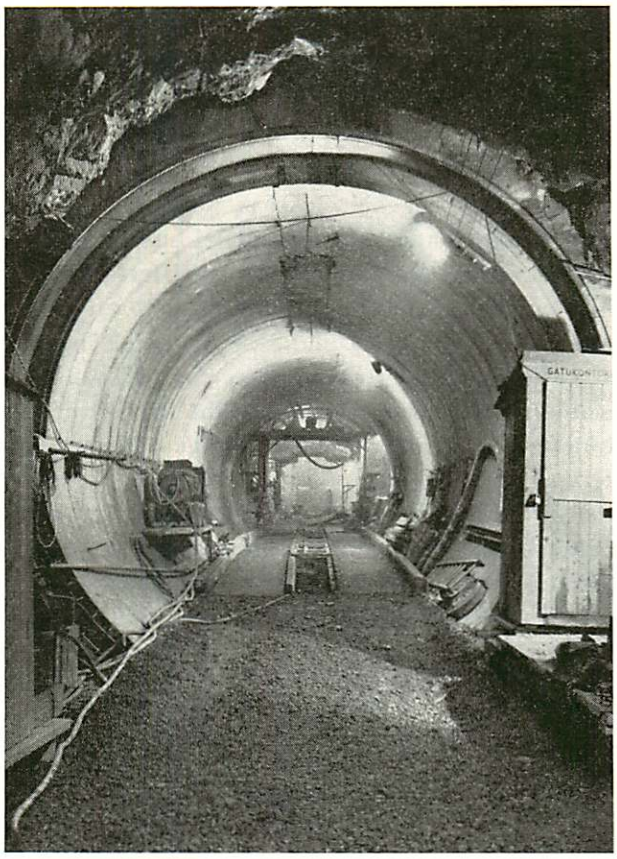


Fig. 8:15:6. Tunneln inklädd och färdig. Spårläggningen har påbörjats.

Byggnadsnormer och teknisk standard för det första tunnelbanesystemet gäller i huvudsak även för det andra. De gångna årens drifterfarenheter har emellertid på flera punkter gett anvisning om önskvärda och ibland nödvändiga nykonstruktioner till effektivisering av driften och standardförbättring. Med den intensiva trafiken kunde man vänta sig starkt slitage på spårdetaljerna, speciellt på den mest belastade centrala delen. Drifterfarenheterna har bekräftat detta och även att man måste använda spårmaterial av god kvalité och att standarden måste hållas hög. En mindre defekt som på ett tidigt stadium är relativt lätt och billig att avhjälpa, förvärras snabbt under trafikbelastningen och kan senare kräva omfattande underhålls- och reparationsarbeten.

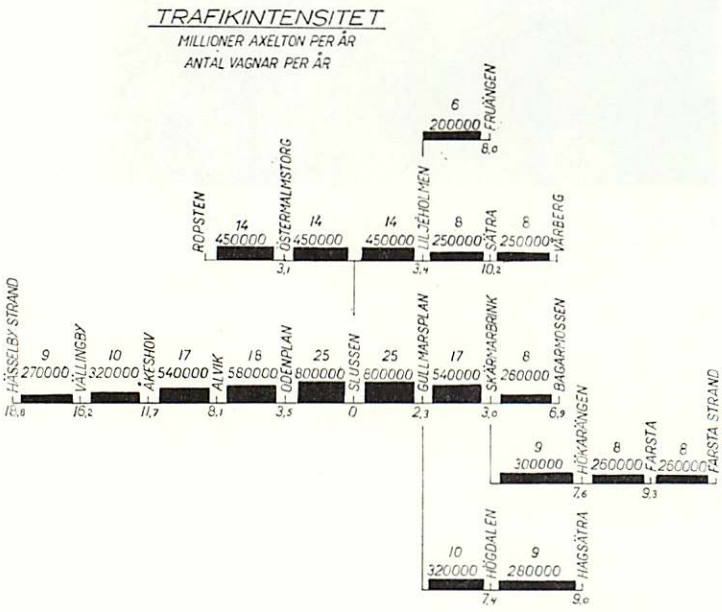
Linjenätet är uppdelat i distrikt som bevakas av banmästare. Bevakning och inspektion sker dels från tåg och dels till fots så att varje linjedel är besiktigad minst en gång per vecka. Linjenätet framgår av översiktsplanen (fig. 9:1). Avgörande för slitage och underhållsbehov på spårbyggnaden är i huvudsak trafikbelastningen, som brukar anges i axtelton per år samt antalet lastväxlingar. På översiktsplanen har även dessa storheter redovisats.

BANKROPPEN

På öppen bana är bankroppen uppbyggd av sprängsten samt icke tjälfarliga fyllningar, i huvudsak schaktmassor från bergskärningar och tunnlar. Terassering i kurvor utföres så, att möjligast jämntjock ballast erhålles över hela sektionen.

Bankroppens bredd är bestämd med hänsyn till bl. a. att ett avstånd av minst 2 meter normalt finns mellan stängsel och strömförande skena. Banketterna planas och grusas upp så, att man får ett gott underlag för kabeltrummor.

I tunnlar anordnas dränage, som via pumpstationer i lågpunkter förbinds med stadens avloppsnät. Det normala utseendet av en spårtunnel framgår av fig. 9:2.



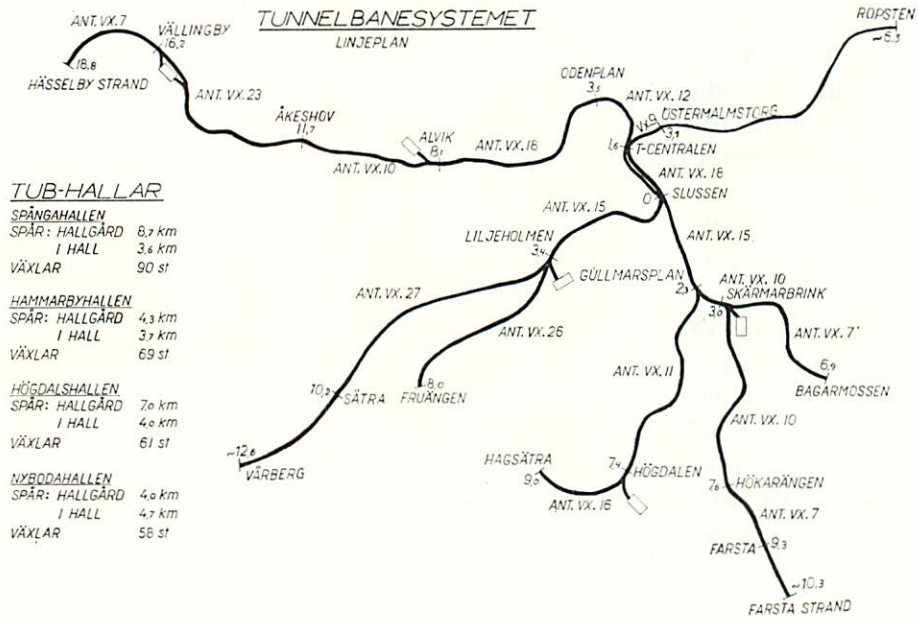


Fig. 9:1. Tunnelbanans linjenät och trafikintensitet.

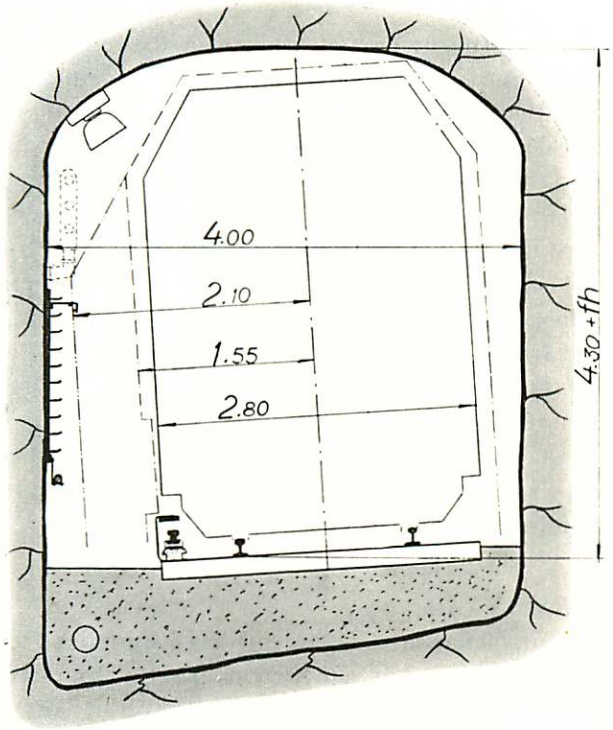


Fig. 9:2. Normalutförande av spårtunnel.

SPÅRÖVERBYGGNADEN

Ballasten utgöres av makadam tillverkad av bergmaterial. Det normala ballastdjupet är 50 cm. Vid första tunnelbanan användes mestadels makadam med kornstorleken 25—45 mm och grövre. Det har visat sig att man med denna makadamtyp inte fått önskad spårkvalité med normala stoppmetoder. På andra bansystemet har man därför i ett övre stoppningslager övergått till klenare makadam i kornstorleken 12—27 mm. Vid nybyggnader utbottnas först med ett ca 30 cm tjockt makadamlager med kornstorleken 25—45 mm. Kvalitetskraven på ballastmaterialet är höga.

SLIPRAR

Sliprarna är av bok, kreosotimpregnerade med en oljeupptagning av 145 kg/m³. Den använda kreosotoljan är föremål för kontinuerlig provning och skall innehålla de krav som uppställes i "Scandinavian Specifikation and Methods of Test for Creosoteoil". Normalsyllen har en längd av 2,6 meter och en bredd av 22 cm. Med hänsyn till boksliperns större hållfasthet har normaltjockleken som tidigare varit 16 cm kunnat minskas till 15 cm. Var fjärde eller femte sliper som uppbär strömskenan är 2,8 m lång. Växelsliprar av större längd än normalslipern är av kreosotimpregnerad furu som har standardtvärsnittet 16×22 cm. Broslipprarna är 20×20 cm i tvärsnitt. Samtliga sliprar är fyrsågade.

Räler förekommer i två modeller, dels SJ:s 1924 års modell med en vikt av 43,2 kg/m och dels SJ:s 1940 års räl vilken har en vikt av 50 kg/m. Båda modellerna är av normalkvalitéer med en hållfasthet av 75—85 kg/mm². Tidigare har i huvudsak använts 1924 års räl vars motståndsmoment i och för sig är tillräckligt för axelbelastningen. Det har emellertid visat sig, att spårstoppningen håller bättre med den tyngre rälen. Vid nybyggnader och spårrevisioner övergår man därför till den tyngre rälen. Genom sitt större tvärsnitt tål den större slitage. Eftersom rälerna används som återgångsledning för banströmmen får man även mindre el-förluster.

Rälerna bockas före inläggningen i kurvor med mindre radie än 350 meter.

BEFÄSTNINGSMEDEL

Huvuddelen av de äldre spåranläggningarna har rälen upplagd på en underläggsplatta avsedd för 2—4 fjäderspik av Rüping-typ, som då var SJ:s standardbefästning. I flera avseenden har denna befästning visat sig underlägsen nyare befästningsmedel. Numera övergår man därför till befästning av s. k. indirekt typ, dvs. underläggsplattorna fästes först vid syllen med skruv eller spik och rälen fästes därpå vid plattan med bygel eller klämfjäder. Vår standardbefästning är numera den s. k. "Pandrol"-fjädern med en speciellt utformad platta som sätts fast på syllen med 4 st. "Lockspike" fig. 9:3).

SKARVAR

Normalt är spåret helsvetsat mellan isolerskarvarna. Skarvningen utfördes tidigare enligt nor-

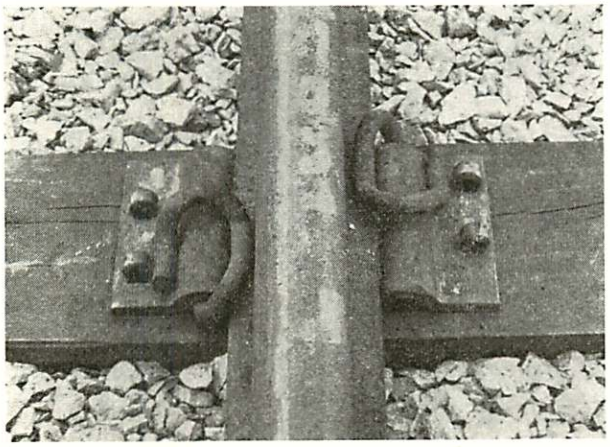


Fig. 9:3. Spårvägens standardbefästning den s. k. "Pandrol"-fjädern.

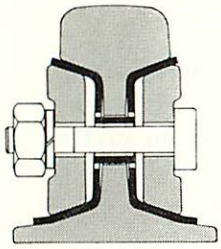


Fig. 9:4. Utförande av isolerskarvar.

mal järnvägsstandard dvs. 7/8″ bult och 32 mm:s hål i räländarna. Vid svetsning av skarven utgjorde dessa stora hål en betydande försvagning av rälsektionen just på det ställe där rälen borde vara starkast. En fortgående ökning av antalet rälbrott genom hål i skarven indikerade att utmattningspåkänningarna i rälerna var för höga för denna skarvtyp. För normalskarven användes därför numera i alla nya spårkonstruktioner 3/4″ bult av högre hållfasthetsklass, varigenom hålen i räländarna kunnat nedbringas till 22 mm. För att öka hållfastheten hos skarvar spec. för de stora dragkrafter som uppstår i de helsvetsade spåren, tillämpas numera limning av skarvar med härdplast. Alla isolerskarvar utföres numera på detta sätt (fig. 9:4). Även i växelsystemen plastas normala skarvar, så att man vid byte av detaljer i systemet icke behöver skära upp rälerna. Trots spårets sidostyvhet, som uppnås med de kraftiga befästningsmedlen, finns dock på vissa ställen såsom vid rörliga broar och i skarpa kurvor samt vid övergång mellan öppen sträcka och tunnel behov av dilatationsanordningar. Bland dem förekommer dels typen bladskarv (fig. 9:5) och dels den normala anordningen med räl i form av en tunga, som glider mot stödräl.

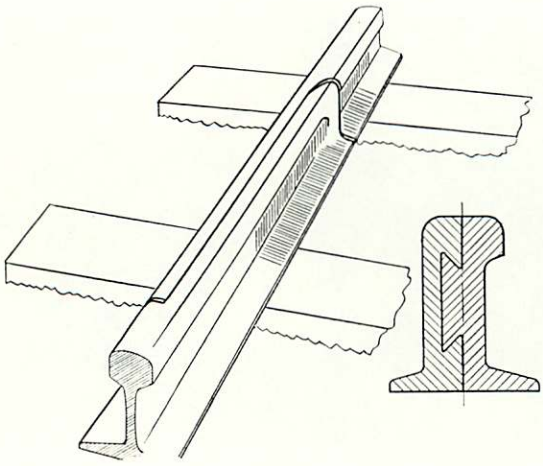


Fig. 9:5. Dilatationsanordning på räl, s. k. bladskarv.

SPÅRVÄXLAR

Spårväxlarna är i regel utförda med samma rälprofil som anslutande spår dvs. antingen 1924 eller 1940 års modell och i samma materialkvalité. Man försöker i möjligaste mån undvika specialväxlar såsom korsningsväxlar, tredeliga växlar etc. Den sistnämnda typen förekommer i enstaka fall där platsbrist har framtvingat denna lösning men normalt förekommer i trafikspår endast enkla växlar. Spårväxlar som befaras med trafiktåg i båda spåren har som regel 300—600 meters radie. Större krökningsradier förekommer även när växlarna måste läggas in i kurva. Vid s. k. övergångsspår avsedda att befaras i det avvikande spåret endast vid enstaka tillfällen, är kurvradien 100—210 meter.

KORSNINGAR

Korsningarna har tidigare utförts i huvudsak av rälmaterial. De är emellertid utsatta för hårt slitage. Slag och påkänningar från hjul lossar och förstör bultförbanden. Alla mera hårt påkända korsningar utförs därför numera i blockkonstruktion där själva hjärtstycket består av ett massivt block som spåras för flänsen. Anslutningen till kringliggande räler sker genom till blockändarna anslutna normala räländar som svetsas till blocken genom elektrisk stuksvetsning. Även moträler utförs numera i blockkonstruktion, varvid såväl korsning som moträl fästs på standardplattan.

STOPPBOCKAR

Som stopp vid vändspår och stickspår används stoppbockar i stålkonstruktion med en stötfångare av trä i höjd med vagnarnas klätterskydd. Bockarna görs glidbara och är hopkopplade med en så lång spårdel att tre vagnboggier belastar stoppbock med anslutande spår. Vid påkörning av bocken glider denna med anslutande spår och upptar på så sätt genom friktionsarbete det påkörande tågets rörelseenergi. Bocken är konstruerad för att kunna uppta stöten från ett fullastat 8-vagnarståg med en hastighet av 15 km i timmen i 25 ‰ lutning. Glidsträckan blir då mellan 8 och 9 meter. För att inte efterföljande boggie skall sjunka ner i den uppkommande öppningen mellan gångrälerna är spåret på denna plats kompletterad med flänsbärning (fig. 9:6).

PLATTFORMAR

På öppen bansträcka utförs plattformar med kantelement av betong vilkas mellanrum fylls

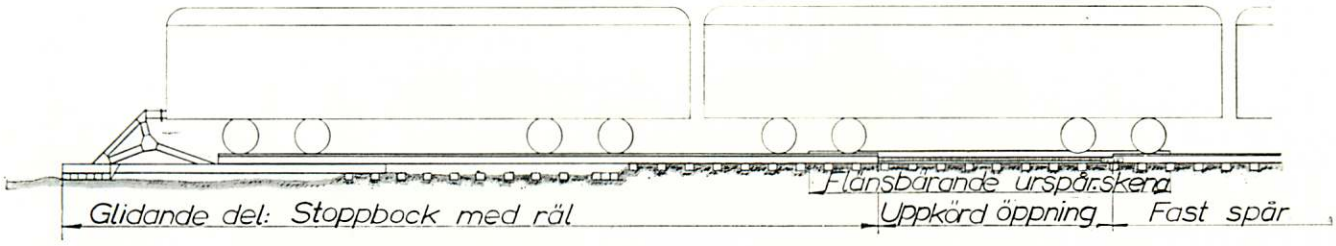
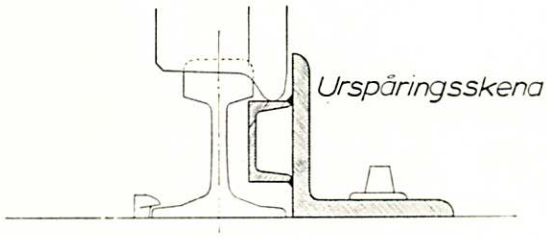


Fig 9:6. Urspåringsskenans utförande och placering.



med grus och sten till lämplig höjd för beläggning med antingen asfalt eller gångbaneplattor. Kantelementen är fabrikstillverkade och sätts med kran på väl komprimerad och avplanad yta. I ena ändan av varje element finns en förtagning som gjuts igen när elementet kommit på plats. Elementet är så utfört att skyddsutrymme erhålles under plattformen.

DIVERSE SPÅRANORDNINGAR

För de centralmanövrerade växlarna i trafikspåren utgörs omläggningsdonet av den standardtyp som används vid SJ. Donet har tungkontroll och är utrustat med två dragstänger och två kontrollstänger. På hallanläggningarna har detta driv ansetts för stort och dyrbart och kan heller inte omkonstrueras för uppkörning av växlarna. För att inte rangeringsarbetet skall bli för tungrott, bör man nämligen på hallväxlarna ställa kravet att de kan köras upp. Samtidigt kräver emellertid de höga tunnelbanevagnarna anordningar för växelomläggning från vagn så att inte rangeraren behöver klättra upp och ned från tunnelbanevagnen vid omläggning av växlarna. Detta har lösts med enkla omläggningsdon som kan manövreras från en tryckknapp på en mast invid rangerspåret (fig. 9:7). Tre olika typer har kommit till användning, nämligen hydrauliskt, elektriskt och tryckluftmanövrerade don. I det senare fallet har omläggningsdonet kompletterats med blåsrör så att växeltungorna vintertid kan hållas rena med tryckluft. Tryckluften erhålls från en kompressoranläggning med tidsinställt styrdon för renblåsning av växlarna med jämna intervaller under snöväder.

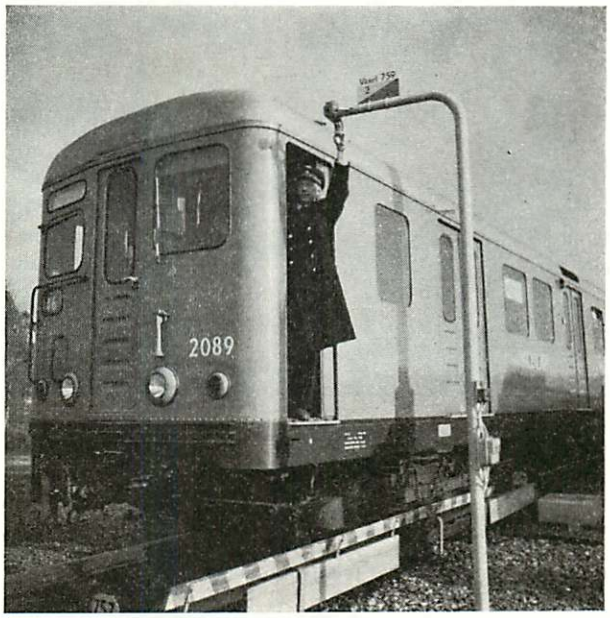


Fig. 9:7. Växelomläggning utföres med en tryckknapp på en mast invid rangerspåret.

RÄLSMÖRJNING

För att nedbringa rälslitaget i sidled, är det nödvändigt med smörjanordningar för farkanten. Två typer begagnas. Den ena typen är filtsmörjare, som i huvudsak består av en behållare med

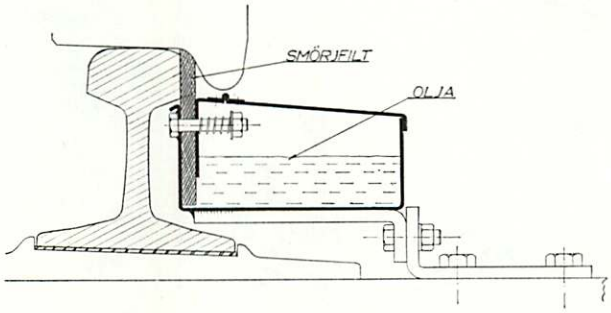


Fig. 9:8. Smörjanordningar av räl, här en typ som kallas filtsmörjare.

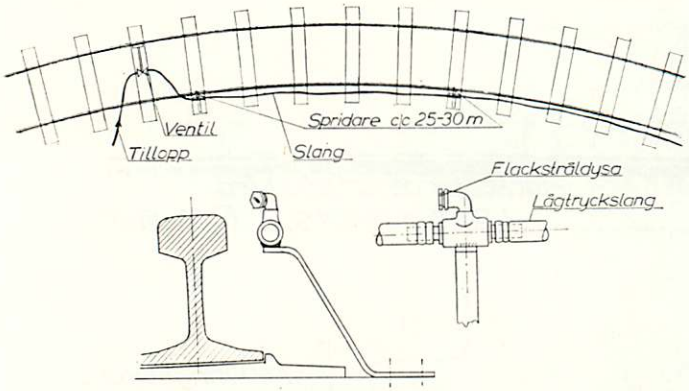


Fig. 9:9. Principen för vattensmörjning av räl, medelst dimmunstycken.

Fig. 9:10. Renhållning av spår sker med hjälp av sugtåg. Här resultatet av en dygnsrengöring.

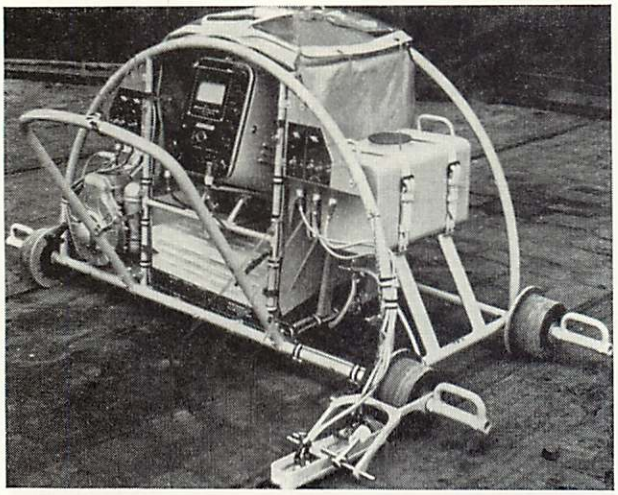
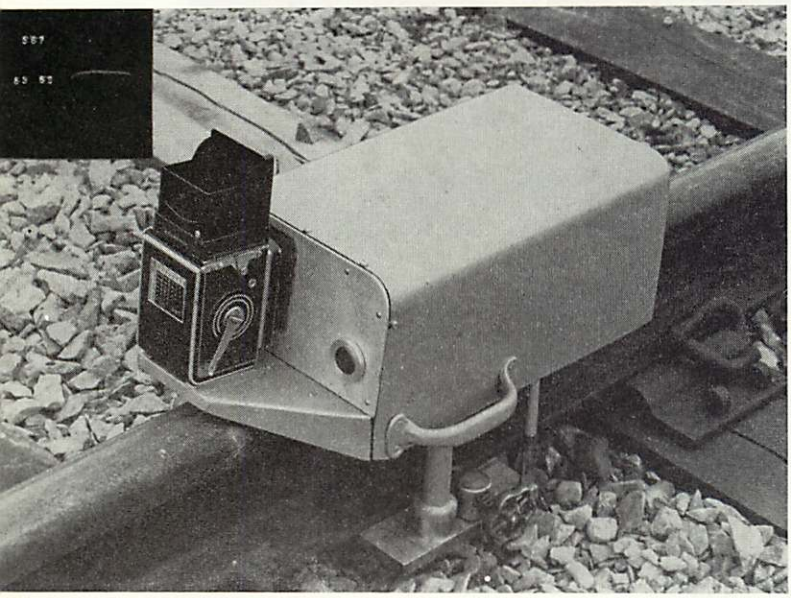


Fig. 9:11. Ultraljudapparat för kontroll av rälbrott.

Fig. 9:12. Konroll av räl med slitagemätare.



en filt som doppas ned i ett oljebad av ca $1^1/_2$ meters längd. Filten avlämnar olja på hjulflänsen vid dess passage och flänsen i sin tur smörjer rälen (fig. 9:8).

Den andra typen är en fettsmörjare. Den arbetar med grafitblandat fett och en plunch som trycks ner av passerande hjul, varvid fettet pumpas upp mot farkanten utmed en skarvjärnsliknande skena som fördelar fettet på en längd av ca 40 cm.

En tyst och störningsfri tunneltrafik kräver en bananläggning med god kurvstandard. Speciellt på den centrala tunnelbanan har detta önskemål inte kunnat uppfyllas. Kurvradier ned till och under 200 meter förekommer. Här uppstår genom friktion mellan rälens överyta och hjulet ytterst besvärande oljud med gnissel och tjut från hjulringarna som bringas i svängning med amplituder på endast bråkdelar av en millimeter och svängningstal på mellan 100 och 8.000 Hz. De ur sanitär synpunkt mest besvärande ligger vid svängningstalen 450 resp. 6.000 Hz och är mycket besvärande både för den resande allmänheten och intill banan boende. På aktuella platser utförs därför smörjning av rälernas gångyta med vatten. Vattensmörjningen dras på av det passerande tåget som vid ingång i kurvan utlöser en ventil, vilken släpper på vatten till en rad seriekopplade dimmunstycken placerade utmed kurvans innersträng (fig. 9:9). Friktionen mellan hjul och räl nedbringas härigenom momentant så att friktionsenergin inte blir tillräcklig för att initiera hjulsvängningarna. På ett ställe i banan med 120 meters kurvradie har fotogensmörjning installerats för att hålla ljudnivån nere på acceptabla värden. Fotogenen avdunstar så snabbt att hjulen redan efter ett par hundra meters gång åter har normal friktion.

RENHÅLLNING

Bananläggningen, speciellt i tunnlarna, och vid stationerna, är utsatt för stark nedsmutsning speciellt i form av damm från kläder, krossade stenprodukter samt järnstoft från räler och hjul. På stationerna förekommer dessutom rikligt med pappersavfall, tändstickor och annat skräp som trafikanterna kastar i spåret. Renhållning av själva spåret sker med hjälp av ett sugtåg bestående av lok, sugvagn och filtervagn. En natts skörd framgår av fig. 9:10.

Dammavsättningarna på tunnelväggar och andra anläggningar skapar lätt dålig luft. Hela tunneln måste därför spolas 2 à 3 gånger per år. För att underlätta detta arbete, har man installerat permanenta ledningar som ansluts till tryckvattensystemet med urtag på var 40:e meter. När man spolar banan behöver man därför endast medföra en ca 20 meter lång tryckslang.

SPÅRTEKNISKA HJÄLPMEDEL

Spårets läge i bax och lyft undersöks periodiskt med mätvagn som registrerar alla avvikelser beträffande kurvradie, rälförhöjning och spårvidd.

Mätvagnens uppgifter registreras på en pappersremsa så att jämförelse kan göras år från år och efter genomförda revisionsarbeten.

Fig. 9:13. För anläggnings- och underhållsarbeten krävs ett 10-tal arbetslok. Detta är ett 36 tons dieselelektriskt boggielok.

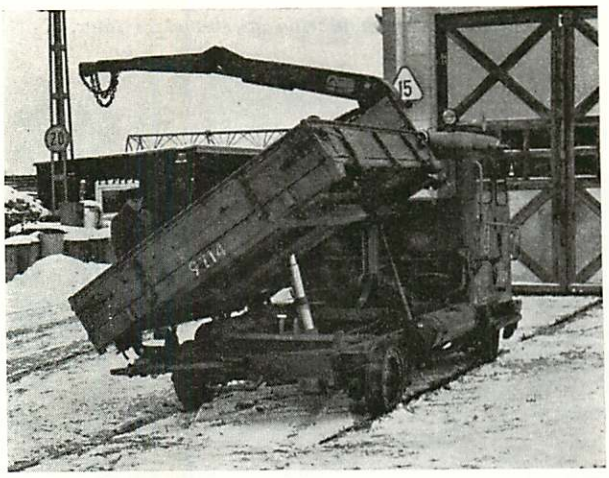
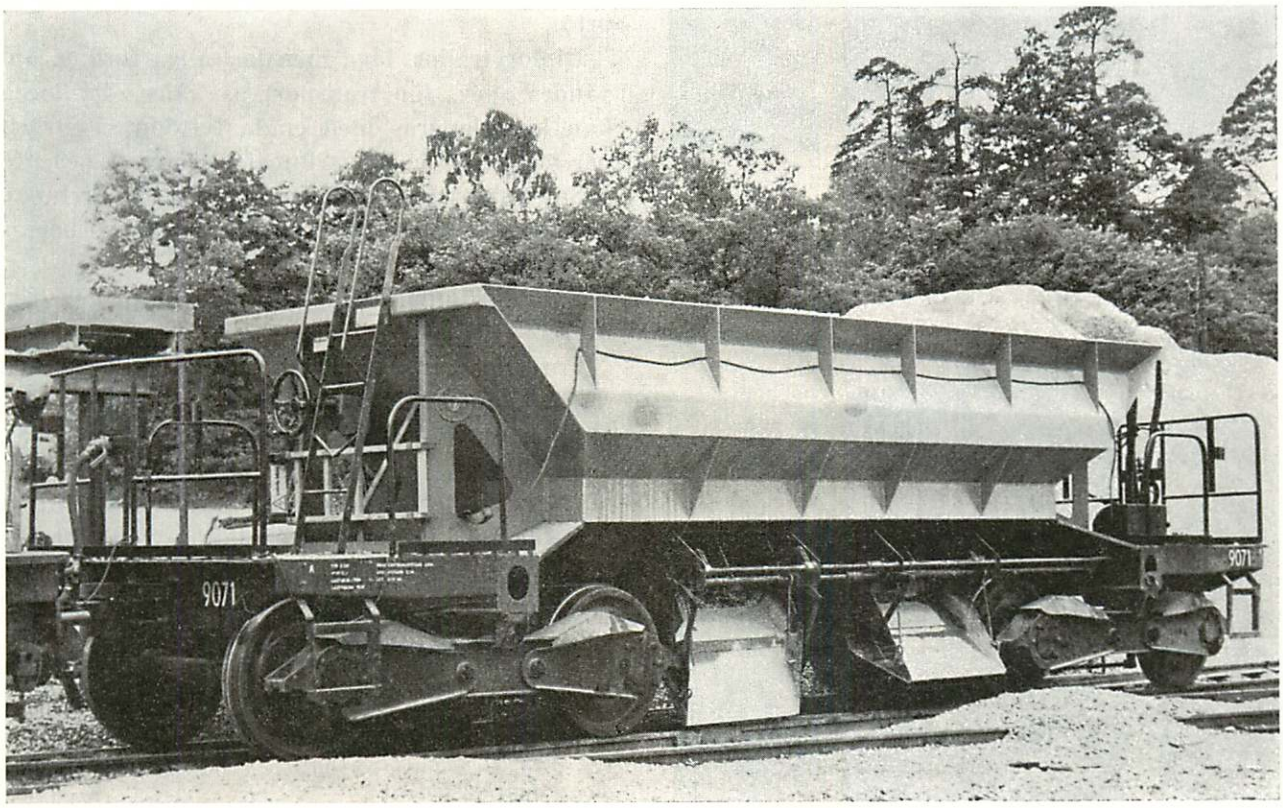


Fig. 9:14 (t. h.). En 3 tons motortralla med lyftkran.

Fig. 9:15 (nedan). Makadamvagn för botten- eller sidotippning.



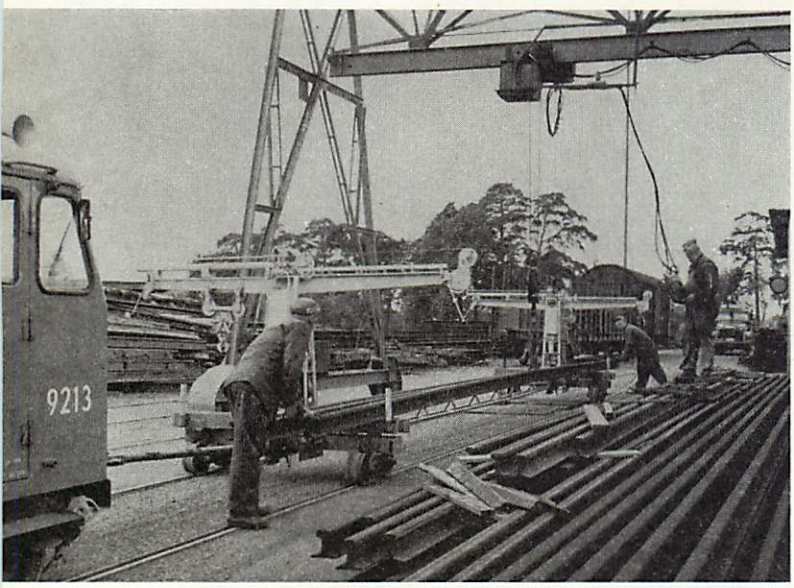


Fig. 9:16. Lyftdon för hantering av 20-meters räler.

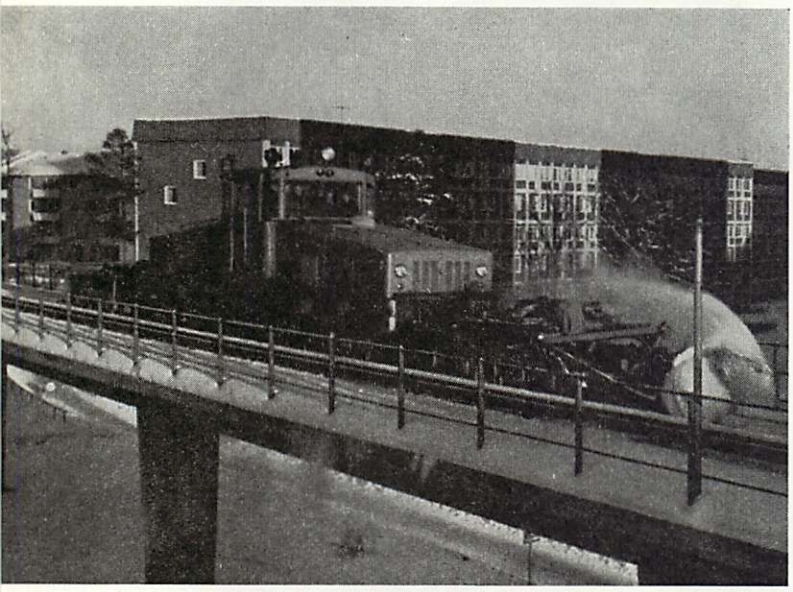
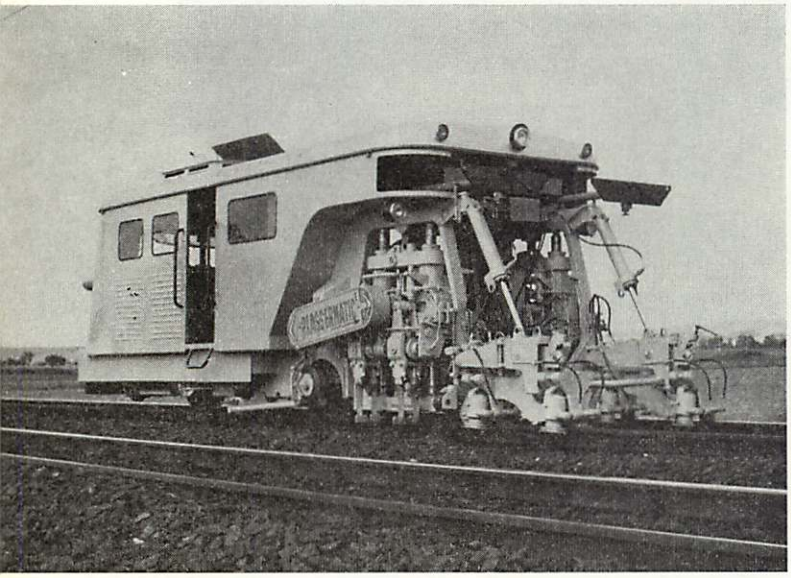


Fig. 9:17. Spårgående plog för snöröjning.



Rälslitaget är betydande och rälerna är utsatta för utmattningsbrott. Rälernas tillstånd bevakas och för att i tid upptäcka brottanvisningar, kontrolleras alla i spår liggande räler med ultraljudapparater som körs kontinuerligt över alla trafikerade spår. Märkta punkter i banan, kontrolleras två gånger årligen med en slitagemätare (fig. 9:12). På grund av den ensartade rullande materialen är spåret dessutom utsatt för korrugering. Om denna får utvecklas i frihet uppstår snart mycket kraftig vågbildning på rälerna som ger orolig gång och skadar både bananläggningen och den rullande materielen. Korrugeringen hålles nere med slipvagnar som slipar av vågtopparna tills en jämn och störningsfri farspegel erhålls på rälens översida.

SPECIALFORDON OCH ARBETSMASKINER

Förutom de vanliga maskinerna för anläggningsarbeten, grävmaskiner, traktorer, bilar, komprimeringsredskap etc. fordras för banbyggnad en hel del speciella transportmedel och arbetsmaskiner.

För anläggnings- och underhållsarbetena erfordras ett 10-tal arbetslok med olika kapacitet. Fig. 9:13 visar ett 36 tons dieselelektriskt boggielok om 600 HK och fig. 9:14 en 3 tons motortralla med lyftkran.

Makadamvagnar utrustade för såväl bottensom sidotippning underlättar utspridning av makadam vid nybyggnader och underhåll (fig. 9:15).

Diplorytrallor, låga men lasttåliga fordon, användes spec. för transport av räler. Trallorna kan kompletteras med enkla lyftdon så att ett par man kan hantera 20-meters räler (fig. 9:16).

Slipersborrmaskiner utrustade med borrhuvuden för flera borr så att alla hål i slipern borras på en gång.

För snöröjning behövs spårgående plogar (fig. 9:17).

För det arbetskrävande underhållet med riktning av makadamspår användes nu en helautomatisk lyft- och stoppmaskin (fig. 9:18). Maskinen går på det icke färdigstoppade spåret och erhåller lyft- och stoppningsdata från en framför maskinen på ett avstånd av 10—20 meter gående förvagn. Maskinen betjänas av 2 man och utför ca 30 mans arbete om man jämför med den vanliga manuella stoppningsmetoden.

Fig. 9:18. Helautomatisk lyft- och stoppmaskin för riktning av makadamspår.

Kap 10 KRAFTFÖRSÖRJNING

Kraftleveransen till tunnelbanan sker från Stockholms Elverk i form av likström vid matarpunkter belägna vid banan. Spänningen är nominellt 700 volt. Elverket bygger och driver de anläggningar som erfordras för att omforma och distribuera kraften. Trafikföretaget utför och sköter de anläggningar som erfordras för överföring av kraften från matarpunkterna till tågen.

PRIMÄRSYSTEM

Samtliga stationära likriktarstationer kan anslutas till två parallellöpande, lika berättigade 30 kV, 3×95 mm² kablar förlagda i gata eller parkområde. Vid normal driftläggning är kablarna anslutna till varannan station, varigenom bästa beredskap erhålles för reservmatning vid felaktig kabelslinga.

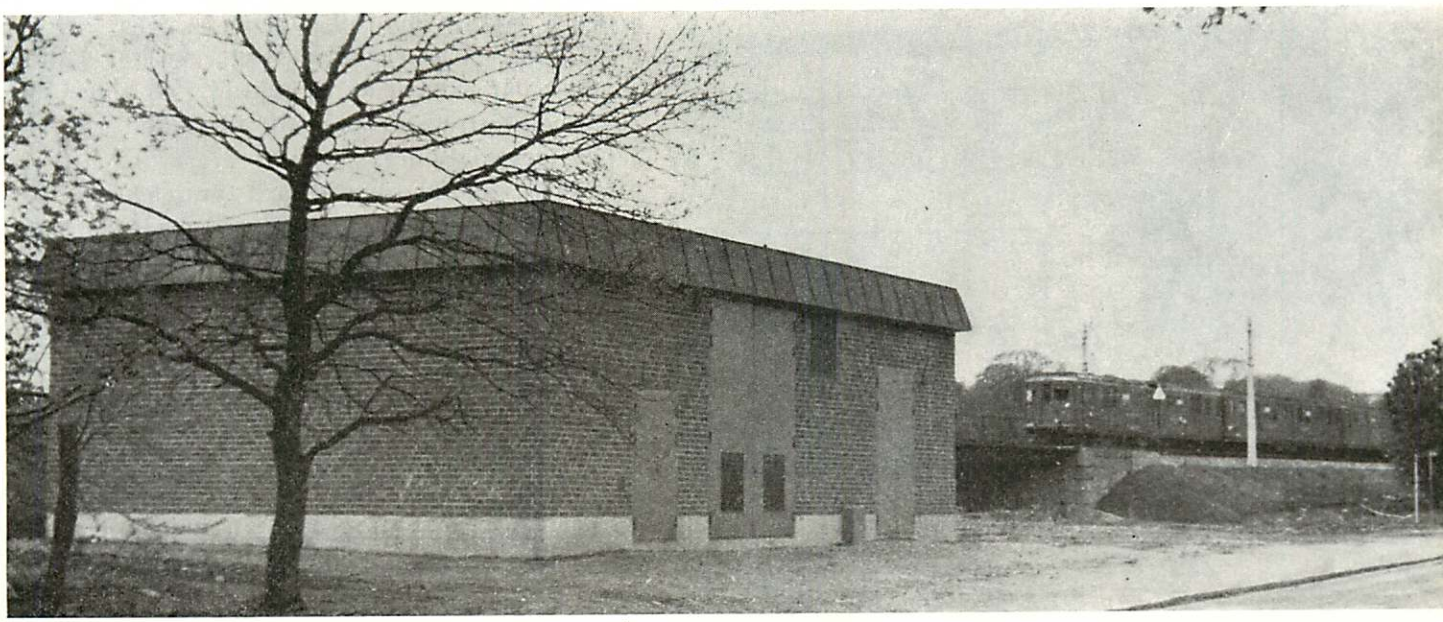
LIKRIKTARSTATIONER

Stationerna har byggts i enheter om 3 MW nominell effekt. Deras inbördes avstånd längs banan varierar efter banans beräknade trafikbelastning. Avståndet varierar mellan 1 och 2 km. I vissa fall förekommer dubbelstationer om två enheter avsedda för drift av två banor med gemensamma sträckningar eller vid grenstation.

Stationerna byggs som separata byggnader eller inrymda i byggnader, vilka i övrigt är avsedda för andra ändamål t. ex. T-banestation. Där stationerna är utförda som särskilda byggnader förekommer utförande dels som fristående byggnad, dels som byggnad mer eller mindre insprängd i berg (fig. 10:1).

För närvarande sker en övergång från stationer med kvicksilverjonventiler till stationer med kisellikriktare. Den elektriska utrustningen har i hög grad kunnat standardiseras för de båda huvudtyperna av stationer. Den hittills använda typen har huvudtransformatorn primärt kopplad i stjärna eller triangel. Sekundärt är kopplingen dubbelstjärna med strömsugardrossel. Transformatorerna är oljeisolerade och försedda med radiatorer för självkylning. Likriktarna utgörs av fyra parallellkopplade 750 kW kvicksilverjonventiler. Strömsugarens mittpunkt utgör minuspol och ventilernas kvicksilverkatod pluspol. Mellan jonventilernas katod och plusställverket sker kopplingen med kablar via en bakströmssnabbbrytare, som vid manövrering följer 30 kV brytaren. Den nya typen av likriktarstationer har huvudtransformator av konventionell typ med primärlindningen stjärnkopplad och sekundärlindningen stjärn- eller triangelkopplad. Likrik-

Fig. 10:1. Likriktarstation för tunnelbanan.



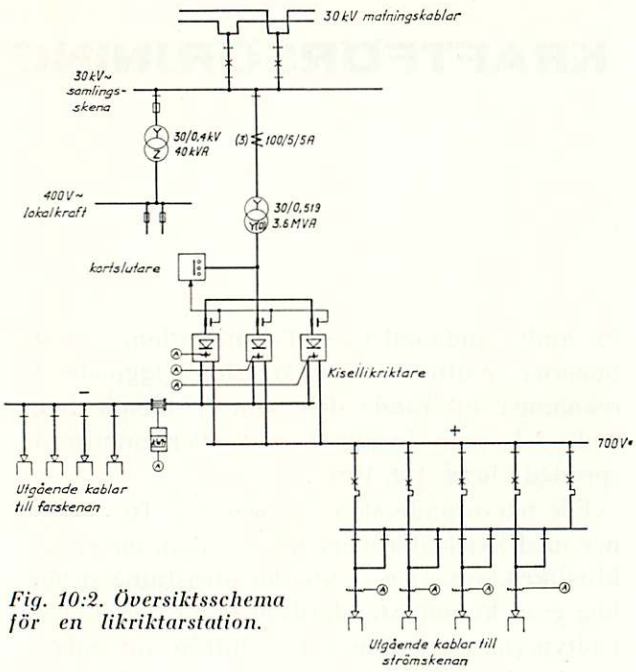


Fig. 10:2. Översiktsschema för en likriktarstation.

tardelen består av tre parallellkopplade ventilskåp för vartdera 2000 A nominell belastningsström (fig. 10:6).

En normal likriktarstation har fyra utgående plusmatarkablar som samtliga är dubblerade och alltså består av två stycken jordkablar. Pluskablarna är anslutna till stationens likströmsställverk via linjebrytare med överströmsskydd. Linjebrytarnas märkström är 2000 A och de kan ställas in så att de löser för strömmar mellan 3500 och 7000 A. Brytarna är dessutom känsliga för brantheten hos en inträffad överström och bryter en hastigt stigande ström snabbare än en långsamt stigande. Brytförloppet utspelas på mindre än 15 ms. Reläskyddet för stationen ut-

Fig. 10:3. Kontroll- och relätavla för en likriktarstation.

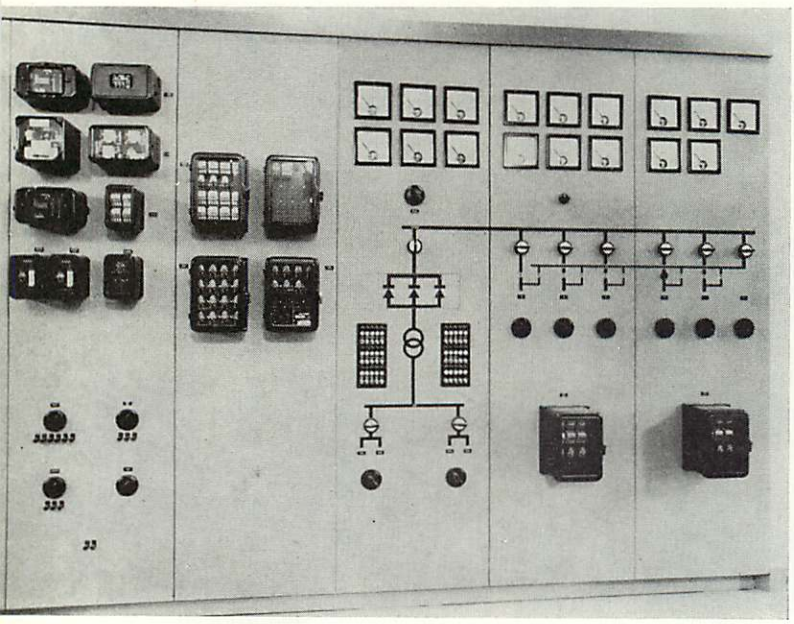
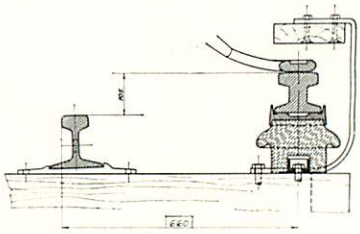


Fig. 10:4. Sektion av strömskena med isolator, skyddsbräda och strömavtagare.



görs på 30 kV-sidan av tre tidöverströmsreläer, två momentana överströmsreläer och ett underspännigsrelä. Strömreläerna matas från strömtransformatorer på transformatorns primärsida och underspänningsreläet känner hjälptransformatorns sekundärspänning. Kisellikriktarna har dessutom särskilda termiska och magnetiska överströmsreläer samt kortslutare anslutna till huvudtransformatorns nedsida för snabb bortkoppling av kortslutningsström på likströmssidan inom stationen (fig. 10:2).

Stationerna är obemannade och normal manöver av primärbrytare sköts från kontrollstationer, som vardera kontrollerar upp till 15 stationsenheter. Till kontrollstationerna överförs genom manöverkablar längs banan fyra signaler från stationerna nämligen "Brytare utlöst", "Återinkoppling tillåten", "Återinkoppling icke tillåten" samt "Allmän felsignal".

För reservmatning, om en likriktarstation helt eller delvis måste tas ur drift till följd av haveri eller dylikt, finns fyra stycken transportabla stationer på 1500 kW.

STRÖMSKENA

Strömskenans utförande framgår av figur 10:4. Själva strömskenan består av en järnskena med vikten 60 kg per m (på trafikspår). Ekvivalenta koppararean är c:a 1000 mm^2.

Skenan, som levereras i längder på upp till 18 meter, svetsas ihop till längder på högst 300 meter. I mitten på varje sådan sträcka har man en punkt där skenan är förankrad i en sliper. Ändarna på sträckan kan fritt förskjutas vid temperaturvariationer.

Varje vagn är försedd med fyra elektriskt förbundna strömavtagare av gjutjärn, som med fjäderkraft — c:a 10 kp — pressas mot strömskenans översida. Strömavtagarna är placerade på

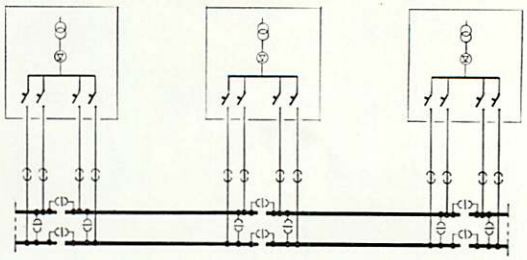


Fig. 10:5. Principschema för likströmsmatningen.

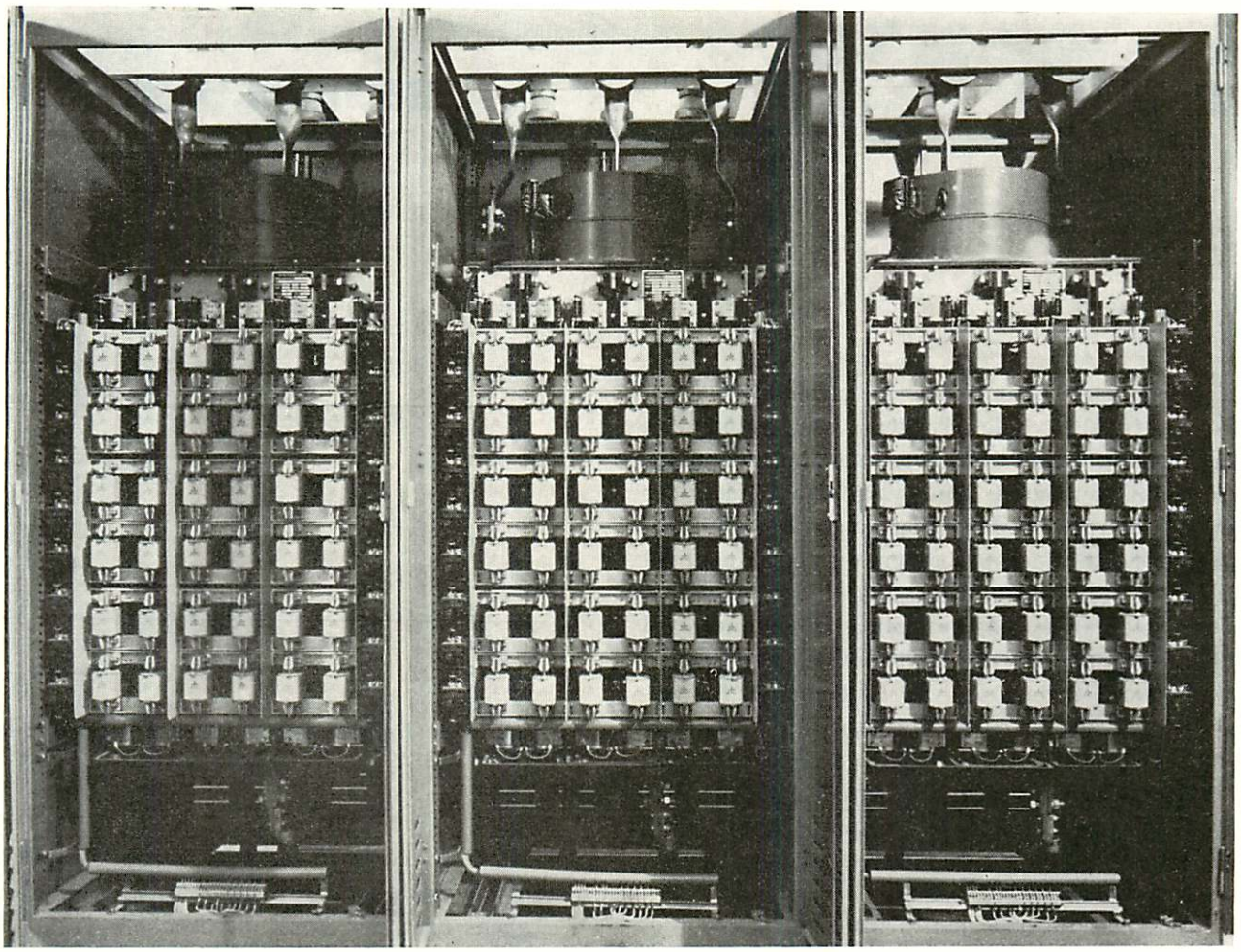


Fig. 10:6. Tre kiselventilenheter för total 6.000 A likström vid maximalt 750 V.

båda sidor av varje boggi. Genom detta arrangemang har man frihet att lägga strömskenan till vänster eller till höger om farskenorna samt att göra gap i skenan upp till 11 meter utan att vagnen blir strömlös under passagen av gapet.

Från matningssynpunkt är strömskenan uppdelad i sektioner, vanligen en sektion per spår mellan två närbelägna likriktarstationer (fig. 10:5). Varje sektion matas från två likriktarstationer, belägna i vardera änden av sektionen. I gränsen mellan två sektioner görs gapet i strömskenan större än 11 meter för att sektionerna ej skall bli ihopkopplade genom strömavtagarna på en vagn.

Förbindelsen mellan likriktarstationen och strömskenan utgörs av 2 × 500 mm² matarkablar som med en i ett skåp eller kopplingsrum vid banan placerad frånskiljare kan skiljas från strömskeneanläggningen.

Störningar i strömavtagningen har visat sig kunna uppträda vintertid på grund av att en isolerande ishinna bildas på strömskenan i samband med strömavtagning i snö, om temperaturen är under fryspunkten. Man söker undvika detta genom att placera strömskenan på den sidan av spåret, där risken är minst för att den skall övertäckas med snö och att med särskilda snöblåsningsvagnar blåsa bort snön innan snötäcket blir så högt att ishinna kan bildas. Skulle under svåra väderleksförhållanden en isbeläggning ha uppkommit tillgriper man uppvärmning av strömskenan under natten, då man kortsluter en likriktarstation genom en längre sträcka strömskena. Lokal uppvärmning med värmeelement förekommer även på vissa särskilt utsatta platser.

VAGABONDERANDE STRÖMMAR

För att så vitt möjligt nedbringa storleken av s. k. vagabonderande strömmar från skensystemet har man utfört anläggningen så att spår, minuskablar och likriktarstationernas minuspoler är isolerade från jord. I princip hålles endast en punkt av skensystemet per bana vid nollpotential genom att man där har en anslutning till ett väl jordat spårsystem (en vagnhalls skötselhall).

ENERGIFÖRBRUKNING

Som medelvärde för tunnelbanan räknar man med 3,3 kWh per vagnkilometer. Sedan tunnelbana II öppnats beräknas för hela tunnelbanenätet energiförbrukningen till en början uppgå till c:a 140 millioner kWh per år. Företaget betalar elverket ett strömpris av c:a 9 öre/kWh (1963).

Tunnelbanan i Stockholm är utrustad med ett kontinuerligt hyttsignalsystem med automatisk tågkontroll. I förarhytten är placerad en miniatyrsignal, hyttsignal, som i varje ögonblick anger med vilken högsta hastighet tåget får framföras, varvid signalbilden är beroende av avståndet till framförvarande tåg eller annat hinder i banan. Den automatiska tågkontrollen är så anordnad att tåget automatiskt nödbromsas, om föraren skulle köra fortare än vad hyttsignalen för tillfället medger. Systemet betecknas som kontinuerligt på grund av att hyttsignalen på varje punkt av banan genom den visade signalbilden ger upplysningar om förhållandena i spåret längre fram. Hyttsignalen kan även växla bild på vilken punkt av banan som helst.

Systemets fördelar jämfört med ett konventionellt signalsystem med fasta signaler placerade i banan och tågstopp är huvudsakligen följande:

1. Tågens hastighet kontrolleras på varje punkt av banan.
2. Signalerna (i förarhytten) är fullt synliga oberoende av sikten ute.
3. Inga anordningar för tågkontroll behöver placeras i spåret, vilket underlättar underhållsarbetena. Fasta mekaniska tågstopp skulle sannolikt ha vållat bekymmer i Stockholm på grund av väderleksförhållandena vintertid.
4. Anskaffnings- och underhållskostnaderna beräknas bli lägre.
5. Systemet underlättar avsevärt införande av automatiserad tågdrift (autopilot).

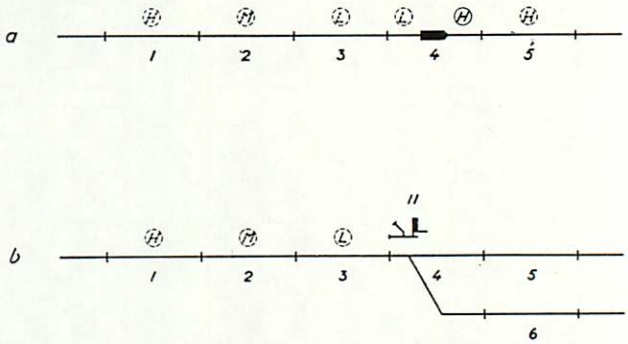


Fig. 11:2 a—b. Hyttsignalbilder på olika spårledningar bakom ett tåg respektive före en fast signal på stopp.

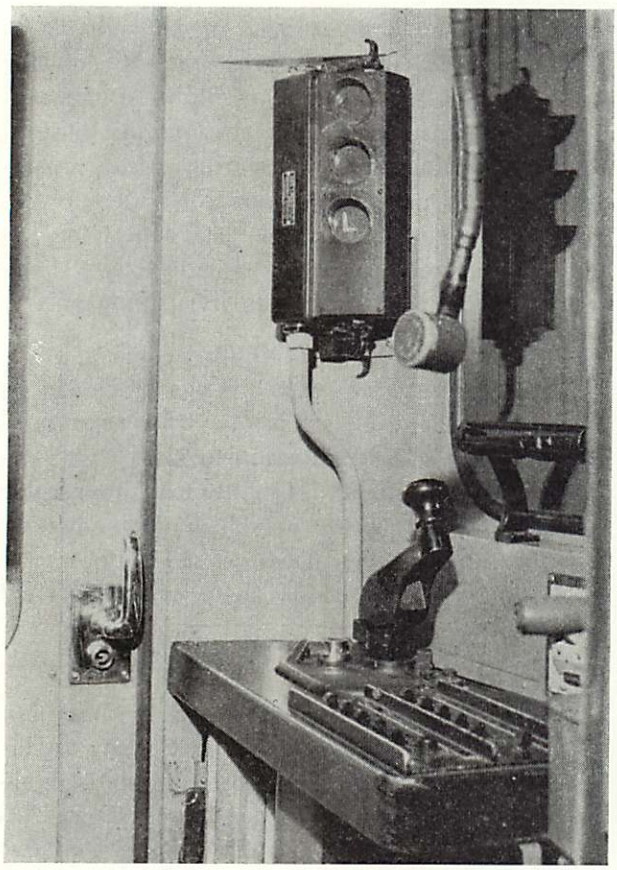


Fig. 11:1. Interiör av förarhytt med hyttsignal.

Signalsystemet för tunnelbanan har konstruerats med utgångspunkt från följande förutsättningar: Största tåglängd 8 vagnar, acceleration resp. nödbromsretardation ca 1 m/s² på horisontellt spår, högsta tåghastighet ca 80 km/h, tågtäthet 90 s/spår vid normalt körsätt och 30 sekunders stationsuppehåll.

VAGNSUTRUSTNING

Hyttsignalen är placerad framför och till vänster om föraren i tåget och den befinner sig inom förarens synfält då denne ser framåt. Hyttsignalen kan ge följande tre signalbilder: H (högsta hastighet ca 80 km/h), M (medelhastighet 50 km/h), L (låg hastighet 15 km/h).

Ett tåg får normalt hyttsignalbilden H och kan då framföras med den högsta hastighet som vag-

narnas konstruktion och banan på det aktuella avsnittet tillåter. Signalbilden ändras successivt till M och L, då tåget närmar sig framförvarande tåg eller annat hinder i banan, t. ex. en fast signal på stopp framför en växel.

För att åstadkomma signalbildväxlingarna är spåren indelade i elektriskt skilda sektioner, "spårledningar", som matas med konstant eller kodad växelström. Växelströmsimpulserna överföres till tågen, vilkas signalutrustning översätter impulserna till hyttsignalbilder. Fig. 11:2 visar hur hyttsignalen i ett tåg påverkas av avståndet till ett föregående tåg eller annat hinder i banan. I fallet a förutsättes att ett tåg befinner sig på spårledning 4. Efterföljande tåg får då hyttsignalbilderna H, M och L på spårledningarna 1, 2 resp. 3. Det får signalbilden L även på spårledning 4, där det kan fortsätta fram till baklyktan på föregående tåg. I fallet b antas den fasta signalen 11 visa stopp. Ett tåg får hyttsignalbilderna H, M och L på spårledningarna 1, 2 resp. 3. Det kan köra ända fram till signal 11, med reducerad hastighet, mot slutet 15 km/h. I såväl figur a som b har tåget tillräcklig bromssträcka för att stanna, innan det kommer fram till framförvarande tåg eller den fasta signalen. På platser där man av speciella skäl — t. ex. starka utförslutningar, skarpa kurvor, inkörningar till ändstationer — inte vill låta tåget framföras med högsta hastighet, ges endast signalbilderna M eller L.

I förarhytten finns en summer, som ljuder då hastigheten överskrider den av hyttsignalbilden tillåtna. Detta gäller såväl då hyttsignalbilden är oförändrad och tåget ökar hastigheten över den medgivna som då signalbilden växlar och hastigheten vid växlingen är högre än vad den nya signalbilden tillåter. Summern ger handlingsorder till föraren. Så snart den ljuder skall föraren nämligen föra dels körkontrollern till nolläge, dels bromshandtaget till läge för full driftbromsning. Om man inte skulle utföra dessa manövrer

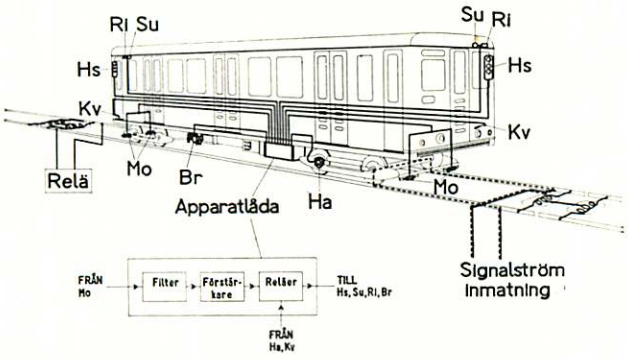


Fig. 11:3. Schematisk bild över spårlednings- och vagnsutrustning.

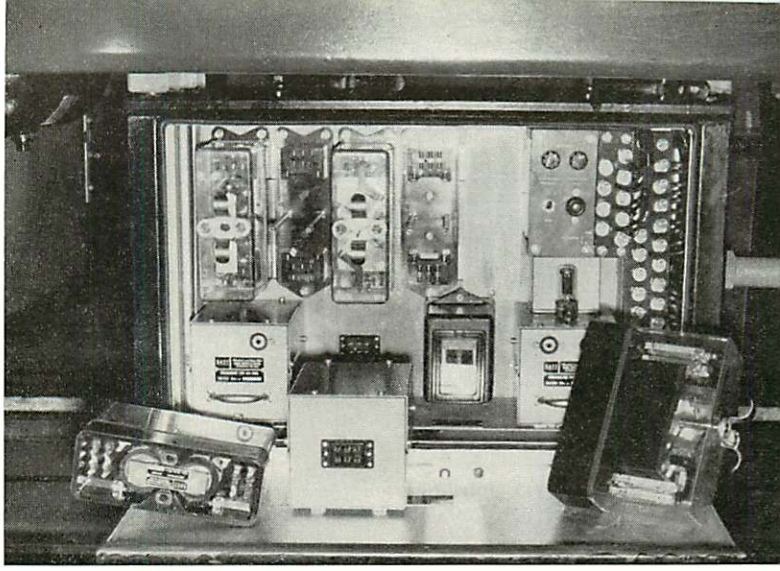


Fig. 11:4. Relålåda på vagn innehållande filter, förstärkare, reläer m. m.

inom ca 1 sekund inträffar nödbromsning, och tåget bringas till stopp. Det kan åter starta efter ett 20-tal sekunder och köra med högst den hastighet som hyttsignalbilden tillåter. Någon registrering av nödbromsningen sker inte. För att accentuera vikten av att tåget framföres med extra försiktighet då det kommer mycket nära ett hinder i banan, ljuder dessutom en ringklocka i förarhytten då signalbilden växlar från M till L. Denna ringklocka kan tystas genom att föraren trycker på en kvitteringspedal, men kvitteringen sätter inte hastighetskontrollen ur funktion.

Fig. 11:3 visar huvudelementen i signalsystemet i spårledningar och tåg samt hur impulser överförs från bana till tåg. Spårledningarna är isolerade från varandra med isolerande skenskarvar. Närliggande spårledningar är dock förenade över impedanser, som tillåter att likström — för tågens motorer — överförs från en spårledning till en annan och vidare till en likriktarstation. Signalströmmen inmatas i utänden av en spårledning. I inänden är ett relä inkopplat. Detta är normalt draget, men faller då tåg kommer in på spårledningen, eftersom hjulaxlarna kortsluter reläspolen.

Framför det främsta hjulparet i tåget finns två mottagarespolar. Dessa påverkas genom induktion av signalströmmen i skenorna. De på detta sätt från bana till tåg överförda elektriska impulserna leds i tåget till ett filter, som släpper igenom frekvenserna 75 ± 4,5 Hz. Grundfrekvensen 75 Hz har valts för att man skall undvika störningar från det kommersiella växelströmsnätet. Efter filtret finns en förstärkare som arbetar direkt på tågets batterispänning, 36 V. Förstärkaren är kopplad till ett polariserat relä. Om signalströmmen i spåret bryts och sluts efter en viss kod följer reläet samma kod. Kontakter på reläet

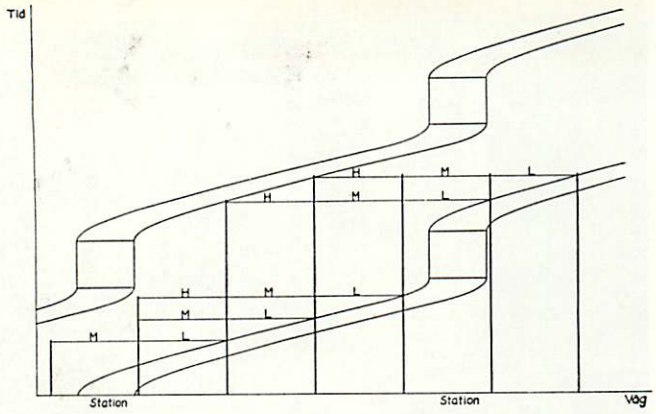


Fig. 11:5. Färddiagram för två konsekutiva tåg. Spårledningar och hyttsignalbilder inlagda.

förbinder tågets batteri omväxlande med den ena och den andra halvan av primärsidan av en dekodtransformator. Riktningen av magnetflödet i denna transformator omkastas i takt med koden, så att en växelström med kodfrekvens induceras i kodtransformatorns sekundärsida. Till denna är anslutna två dekodkretsar, vardera bestående av en kondensator seriekopplad med en transformator. Dekodkretsarna är avstämda för kodfrekvenserna 75 resp. 180 impulser per minut. Vardera transformatorns lågspänningssida är ansluten till en likriktarbrygga och ett likströmsrelä. 180 impulser per minut ger hyttsignalbilden H och 75 impulser per minut ger hyttsignalbilden M, medan konstant eller ingen ström i spåret ger hyttsignalbilden L. I hyttsignalutrustningen ingår ytterligare fyra reläer. Reläsatsen får impulser även från den tidigare nämnda kvitteringspedalen samt från en hastighetsregulator, som kontrollerar att tåget ej körs fortare än vad som är tillåtet. Reläsatsen ger impulser till hyttsignalen, till ljudsignalerna (summer och ringklocka) och till bromsutrustningen. Samtliga reläer och dekodenheter är av instickstyp. Filter, förstärkare, dekodenheter och reläer är monterade i en plåtlåda, som är placerad under vagnskorgen, fig. 11:4.

Hastighetsregulatorn, som är av centrifugalregulatortyp, är placerad på lagerboxen till en av hjulaxlarna. Den har två kontaktpar. Samtliga kontakter är normalt slutna. Det ena paret öppnar då hastigheten överskrider 15 km/h och det andra paret då hastigheten överskrider 50 km/h. Topphastigheten kontrolleras ej genom hastighetsregulatorn.

För anslutningen av hyttsignalsystemet till vagnens bromsutrustning fordras dels ett tidorgan, som fördröjer inkoppling av nödbromsning då hastigheten är för hög, dels en pneumatisk omkopplare, som känner om driftbromsning utföres med tillräcklig retardation. Båda dessa detaljer är placerade under vagnen.

BANUTRUSTNING

Banutrustningen består dels av spårledningar, signaler, växeldriv m. m. som är placerade i banan, dels av ställverk och relärum.

Spårledningarna har delvis beskrivits redan i samband med hyttsignalutrustningen. De matas normalt med växelström 75 Hz. Spår(lednings)-reläet är normalt attraherat. Först då ett tåg har kommit in på spårledningen och kortslutit spårreläet, tillförs spårledningen hyttsignalström. Denna är antingen kodad med 180 eller 75 impulser per minut eller okodad, beroende på hur långt fram spåret är fritt. Inkopplingen av lämplig hyttsignalström sker med hjälp av spårreläerna. Koderna levereras av givare av pendeltyp.

Spårledningarnas längder och placering av isolerskarvarna har beräknats med utgångspunkt från ett antaget normalt färddiagram för ett tåg, vagnarnas bromsegenskaper och den önskade tågtätheten. Om tågen framförs på annat sätt än enligt det antagna färddiagrammet kan det inträffa att den önskade tågtätheten ej kan innehållas. Hjälpmedel för att underlätta likformigt körsätt är de s. k. intervallsignalerna samt autopiloten, se kapitel 18.

Då en spårledning utsänder impulser för viss hyttsignalbild och nästa spårledning impulser för annan signalbild, sker bildväxlingen i ett tåg först viss tid efter det att tåget passerat gränsen mellan de båda spårledningarna. Tidsfördröjningen kan uppgå till högst 2,5 s och har införts för att hindra, att hyttsignalbilden växlar falskt till L-signal då ett tåg kör långsamt över en isolerskarv. Om signalbilden växlar till mer restriktiv hastighet och tåget enligt den nya signalbilden kör för fort, skall som nämnts föraren bryta strömmen till motorerna och driftbromsa. Om dessa åtgärder ej vidtas, inträffar nödbromsning efter 2,5 ± 0,5 s. Eftersom denna tidsfördröjning skall vara tillräcklig även för att bygga upp lufttrycket i driftbromssystemets manöverledningar har föraren endast 1—1,5 s till sitt förfogande. Sedan tidsfördröjningarna löpt ut, efter högst 5,5 s, skall bromssträckan vid nödbromsning eller vid den driftbromsning som hindrar att nödbromsning påbörjas, vara tillräcklig för att tåget skall stanna före hindret i banan. Vid beräkning av spårledningslängderna har dessutom en säkerhetsmarginal på ca 20 % av bromssträckan tillagts. Hänsyn har tagits till lutningar och kurvor i banan. På horisontellt och rakt spår är varje spårledning ca 200 meter lång.

Fasta signaler i banan har ej helt kunnat undvaras. De behövs framför alla växlar eller växelgrupper, där det inte är tillräckligt att nedbringa

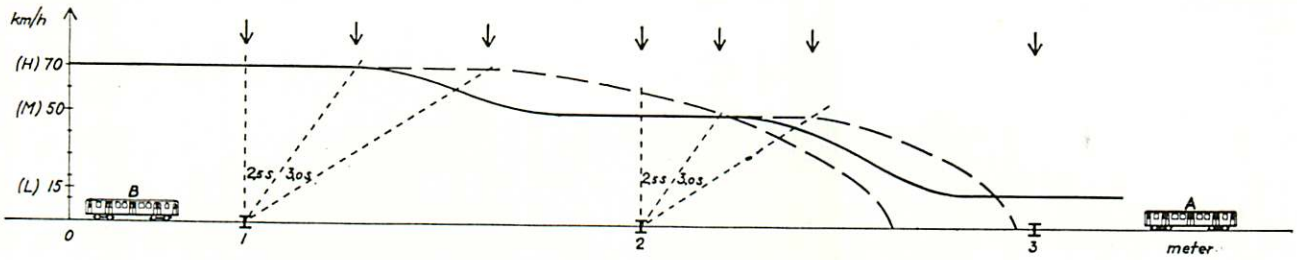


Fig. 11:6. Bromsdiagram för tåg vid växlande hyttsignalbilder. Ett tåg B kör på hyttsignalbilden H med 70 km/h. Då det närmar sig tåget A, skall föraren nedbringa hastigheten i huvudsak enligt den heldragna linjen. Om föraren ej åtlyder signalen, inträffar nödbromsning enligt någon av de långstreckade linjerna.

tågens hastighet till 15 km/h, eftersom man måste kunna förhindra att ett tåg t. ex. kör in i en växel som är under omläggning. Här användes följande signalbilder: Grönt — kör enligt hyttsignalbild, rött — stopp, rött och gult — stopp, fortsätt därefter med försiktighet och var beredd att stanna för hinder i banan. I de fall då alternativa tågvägar finns, användes signalbilderna 2 eller 3 gröna sken för sidotågvägar.

Fasta signaler har även uppsatts på vissa platser för att underlätta verktågskörningarna. Verktågen har nämligen i regel ej hyttsignaler och de måste därför framföras mellan fasta signaler.

Signalerna är uppbyggda av ett antal individuella ljusenheter, och transformatorer för sänkning av spänningen till lampspänning, 12 V, är monterade i signalhuvudena.

Växelomläggningsdonen består i huvudsak av en elektrisk motor med växel, kontakter samt kraftöverförings- och indikeringsstänger. Donet är i stort sett av samma typ som används vid Statens Järnvägar. Motorn är på ca 1 kVA.

Reläutrustningen är placerad dels i lokala relärum, i regel ett per station, dels i centralställverk. I relärummen på stationen är spårreläer och reläer för säkerhetskretsar placerade under det att reläer för kommunikation mellan relärum och ställverk är placerade i ställverken. Reläerna är av instickstyp och har enhetlig storlek. De är av amerikansk konstruktion, till stor del licenstillverkade i Sverige, och uppfyller AAR:s specifikationer.

Kraftförsörjningen till relärummen sker genom Elverkets lågspänningsserviser. Genom automatisk omkoppling kan utrustningen anslutas till en av två skilda serviser. I stor utsträckning är dessutom relärummen anslutna till tunnelbanans reservkraftverk för stationerna. 75 Hz strömmen för spårledningarna erhålls från roterande omformare. Utrustningen i varje relärum har anslutningsmöjlighet till två omformare med automatisk omkoppling.

Kablarna, som är förlagda på kabelkonsoler eller i kabelrännor, utgörs av dels signalkablar av flera dimensioner upp till 37×1 mm², dels telefonkablar för kommunikationer t.ex. 101×2×0,6 mm. I senare installationer används polyvinylisolerad signalkabel och polytenisolerad telefonkabel. Som överföringssystem mellan relärum och ställverk användes s. k. direkttrådsystem.

STÄLLVERK

Tunnelbanan har tre ställverk. Av utbyggnadstekniska skäl har den första tunnelbanan försetts med två ställverk, ett vid Alvik och ett vid Johanneshov (Gullmarsplan). Den andra tunnelbanan

Fig. 11:7. Interiör av relärum.

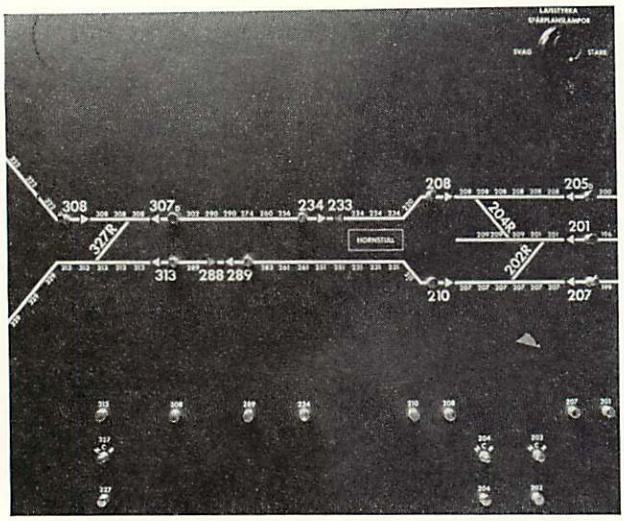


Fig. 11:8. Detalj av manöverapparat i ställverk.

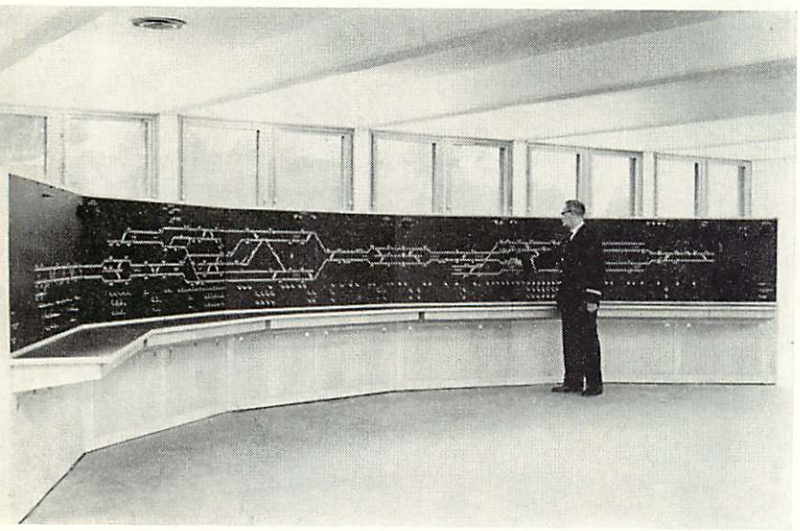
har ett ställverk för hela banan beläget vid Liljeholmen.

I ställverken finns förutom ett större relärum och diverse personalutrymmen ett manöverrum i vilket manöverapparaten är placerad.

Manöverapparat och spårplan är sammanbyggda till en enhet. På denna finns en (ej skalriktig) bild av spår och växelsystem och av de fasta signalerna. Spårlinjerna är uppbyggda av långsmala ljusenheter, spårledningslampor. I spårlinjen finns även ljusenheter för signalindikering samt manöverknappar. På spårplanen indikeras följande:

1. Tågposition såsom ett rött streck i spårlinjen.
2. Växel under omläggning såsom röda blinkningar i den del av spårlinjen, som representerar växel i kurvläge.

Fig. 11:9. Manöverrummet i ställverket Liljeholmen.



3. Växelläge såsom ett kort vitt streck i spårlinjen. Denna indikering lämnas normalt endast om växeln är låst.
4. Signalbild med fast gult sken för kör, blinkande gult sken för krypsignal och rött för stopp.
5. Besked om vilka alternativa tågvägar som kan väljas — ett kort vitt streck i spårlinjen.
6. Låst tågväg med vitt streck i spårlinjen utefter hela tågvägen.
7. Spänningslöshet på strömskenesektion med blinkande rött streck i spårlinjen utefter hela sektionen med undantag för de platser där tåg står. Tågpositionen anges även i detta fall såsom ett fast rött streck i spårlinjen.

Vid manövrering av en växelgrupp trycker ställverksvakten på en knapp — ställare — i spårlinjen vid IN-änden av växelgruppen. Därefter trycker han på en ställare i UT-änden av växelgruppen för önskad tågväg. Växlarna i tågvägen läggs då automatiskt i önskade lägen, varefter signalen — likaledes automatiskt — går över till klart. Efter manövermetoden kallas ställverkstypen IN-UT-ställverk (NX).

Det bör observeras att ställverksvakten ej behöver göra klart för sig genom vilka växlar och förbi vilka fasta signaler tåget skall köra. Han kan manövrera direkt på informationen om var tåget befinner sig och vart det skall. För att ytterligare underlätta manövreringen har sådana inställare, vilkas motsvarande fasta signaler berör tågvägar som sällan behöver ändras, försetts med anordningar, som kan ställa signalerna på automatisk drift. På platser där två eller flera växelgrupper är belägna intill varandra utan mellanliggande station, har man ordnat så att en tågväg kan klargöras direkt från IN-änden av första växelgruppen till UT-änden av den sista växelgruppen. Om därvid två eller flera parallella tågvägar är möjliga utväljs automatiskt den kortaste som är ledig.

Ändstationerna på banorna har automatiserats så att ställverksvakten normalt ej behöver ingripa vid vändningen av tågen på dessa platser.

Manöverapparaten har uppställts i U-form så att den kan överblickas från en central plats. För närvarande arbetar ställverksvakten framme vid själva manöverapparaten. Med ytterligare hjälpmedel såsom automatisering exempelvis med användning av tågidentifieringsutrustning kan man förutse att ställverksvakten ej behöver ingripa för de normala tågrörelserna. Hans arbete blir då av övervakande karaktär och han bör då lämpligen flyttas till den centrala platsen ett stycke från själva apparaten.

Kap 12 TELEANLÄGGNINGAR

TELEFONER

I tunnelbanan finns ett stort antal telefonapparater anslutna till spårvägens automatväxelsystem. De är placerade i spärrar, på plattformar, i avräkningsrum, vid övergångsväxlar, matarpunkter m. m. Såväl öppna som spärrade anknytningar förekommer.

Mellan relärummen inbördes och ställverken samt tunnelcentralen finns dessutom ett särskilt *selektortelefonsystem* och mellan vissa signaler och ställverken en *ställverkstelefonförbindelse.*

Slutligen finns ett *larmtelefonsystem* med apparater placerade i spårtunnlarna, i regel med ett inbördes avstånd av ca 200 meter. Från dessa apparater kommer man i direkt förbindelse med tunnelcentralen.

HÖGTALARANLÄGGNINGAR

Tunnelbanan har utrustats med en högtalaranläggning med centralmanövrering från tunnelcentralen. På alla stationsplattformar, i biljetthallar, spärrar, signalställverk och i vissa andra driftsutrymmen är högtalare placerade.

Meddelanden kan sändas från driftcentralen till varje station. Man kan sända till enstaka station eller till flera samtidigt. På varje station kan dessutom interna meddelanden sändas från mikrofonplats i biljettspärren och ev. ytterligare mikrofonplatser på plattformen. Utrustningen kan kopplas för konferenssamtal mellan tunnelcentralen och spärrkiosker, ställverk m. m.

Vissa stationer har även utrustats med lokala högtalaranläggningar för plattformsvakter, som med hjälp av dessa kan påskynda trafikanternas på- och avstigning.

ÖVERFALLSALARM

Genom en överfallsalarmanläggning står biljettspärrarna i förbindelse med tunnelcentralen. Då en knapp intryckes i spärren, ges larm i tunnelcentralen, där man ser varifrån larmet kommer.

URANLÄGGNING

Tidgivningen ombesörjes av en centraluranläggning med klockor (sekundärur) på stationsplattformar, i biljetthallar och vissa andra utrymmen. Huvuduret är placerat i tunnelcentralen. Från detta utsänds varje minut via telefonkablar längs banan och viss reläutrustning polariserade likströmsimpulser, som driver sekundäruren. Dessa stegar alltså fram varje minut. Vissa sekundärur har försetts med en synkronmotordriven sekundvisare med rättställning varje minut efter huvudurets impulser. Till tunnelbanans uranläggning har också anslutits de ur, som finns vid ytnätets ändstationer.

TV-ÖVERVAKNING

Liksom på bansystem 1 kommer TV-utrustning för plattformsövervakning att i mån av behov installeras även på sydvästra tunnelbanesystemet. Erfarenheterna från de gångna fyra åren med TV-övervakning på stationerna Fridhemsplan och Hötorget har varit mycket tillfredsställande. Allt talar således för att samma princip för installationen bör bibehållas.

För övervakningen krävs en plattformsvakt, som från sin specialutrustade hytt ungefär mitt på plattformen direkt kontrollerar den ena plattformssidan, samtidigt som han med hjälp av TV övervakar den andra. TV-utrustningen består av två kameror och två monitorer. Kamerorna är placerade cirka 3 m över plattformen, 40—50 m från plattformsändarna och vända mot plattformens mitt. Bildmässigt ger detta arrangemang plattformsvakten samma intryck som den direkta övervakningen.

Fig. 12:1. TV-mottagare och spegelarrangemang vid station Hötorget.

De principer som man arbetat efter vid projekteringen av belysningen för den första tunnelbanan har i stort sett visat sig kunna tillämpas även för det andra bansystemet. Man önskar — i synnerhet på tunnelstationerna som ju ej får något dagsljus — ha en god belysning i de utrymmen där allmänheten rör sig. Det är också önskvärt att man inte får helt mörkt i dessa utrymmen i händelse av strömavbrott, varför någon form av reservbelysning bör finnas. Slutligen bör installationen vara utförd med tanke på de långa drifttider som förekommer — på tunnelstationerna 24 timmar per dygn — samt så att underhåll, särskilt av armaturerna, underlättas. I spårtunnlarna bör man ha tillgång till en förstärkt ledbelysning som möjliggör inspektion och arbeten som ej fordrar starkare belysning.

Vad beträffar utförandet har man för stationernas del numera praktiskt taget helt använt lysrörsbelysning. En speciell armatur har konstruerats som bygger på utbytbara helkapslade armaturelement försedda med plastkupor. Man fäster stor vikt vid dammproblemet och har försökt få fram en dammtät armatur. Varje element är utfört för två 40 W lysrör och man kan använda enstaka element eller sammanföra dem i grupper av godtycklig storlek (oftast 2—4). Då man använder sig av grupper monteras elementen vanligen på ramar som mer eller mindre kan fällas in i taket. För andra tunnelbanan har en modernisering av det tidigare armaturelementet gjorts. Den mest påtagliga förändringen av det yttre består i att plastkupan nu har fått en mer lådliknande form och att den har utförts i opaliserad akrylplast — på de äldre armaturelementen var kuporna i viss mån genomsiktliga.

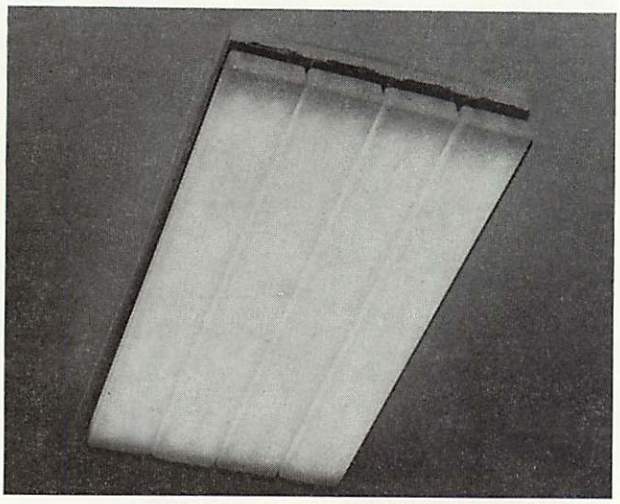


Fig. 13:1. Armaturgrupp om fyra standardenheter, vardera med två 40 W lysrör.

Som standard användes lysrörsfärgen med beteckningen varmvit eller motsvarande. I ett litet antal fall förkommer det att man med hänsyn till den konstnärliga utsmyckningen på stationen använder en blandning av lysrör med olika färger.

I tunnelstationernas biljetthallar, trappor och på deras plattformar dimensioneras belysningen efter en medelbelysning av 200—250 lux med en högsta olikformighetsgrad av 1:3. På ytstationerna är belysningen avsevärt mycket lägre, för plattformarna t.ex. 10—70 lux, där det högre värdet gäller under plattformstak.

I spårtunnlarna finns glödlampsbelysning, t. ex. i dubbelspårstunnlar med 200 W lampor på var tionde meter, monterade i sicksack. Denna belysning, som normalt är släckt, manövreras från tunnelcentralen.

I tunneldelarna har man även installerat kraftuttag för anslutning av kompletterande arbetsbelysning eller arbetsmaskiner. Kraftuttagen, som är placerade med ett inbördes avstånd av ca 40 meter, är utförda för 380/220 V, 25 A.

Tunnelstationerna är utrustade med dieseldrivna reservkraftaggregat, som automatiskt startar om stationens båda lågspänningsserviser blir spänningslösa. Till reservkraftaggregaten är ca 1/5 av belysningen på stationerna och i spårtunnlarna ansluten. Reservkraftaggregaten fjärrövervakas från tunnelcentralen.

Som yttersta reserv finns även på tunnelstationerna en nödbelysning bestående av ett antal batterimatade lampor, som ger en nödtorftig men dock vägledande belysning. Lamporna är på 24 V, 25 W och på en station finns 20—30 st.

Under senare tid har man funnit det vara önskvärt att även förse ytstationerna med någon form av reservmatning, detta dels för att säkerställa viss del av belysningen, dels för att kunna hålla signalanläggningar och högtalaranläggningar igång vid avbrott på det lokala lågspänningsnätet. För den andra tunnelbanan kommer därför även ytstationerna att vara anslutna med vissa prioritetsgrupper till reservkraftaggregat. Aggregaten är här gemensamma för 2 à 3 stationer.

Kap 14 STATIONER

Vid utformningen av stationerna på det första bansystemet lades största vikt vid stationsanläggningens primära uppgift, nämligen att på snabbaste och bekvämaste sätt förmedla kontakt mellan gatuplanet och tågen. Denna målsättning har gällt även för det andra bansystemets stationer. De tekniska och ekonomiska kraven har härvid fått dominera utformningen, såväl i stort som i fråga om enskilda detaljer. Speciellt gäller detta de egentliga tunnelstationerna där rummets utformning ofta varit given genom det tekniskt möjliga. I fråga om de friliggande ytstationerna har man däremot haft större frihet i fråga om såväl exteriör- som interiörutformning.

1. *PRINCIPIELL UTFORMNING*

En tunnelstation utformas normalt på följande sätt. Från ett varierande antal entréer i gatans plan leds trafikanterna via trappor och gångtunnlar till en biljetthall där spärrlinjen är belägen. Efter passage genom spärrlinjen förs passagerarna genom trapp- och hissförbindelser ned till plattformen och tågen. Trafikantvägarna skall vara så enkla och klara som möjligt, varigenom användningen av skyltar kan begränsas i största möjliga utsträckning.

Ovanstående principutformning gäller även för ytstationerna.

Till stationerna hör också vissa driftutrymmen. Dessa utgörs bl. a. av elcentraler för stationens elektriska utrustning, reservkraftcentraler med dieseldrivna reservkraftaggregat, som automatiskt träder i funktion vid avbrott på det kommersiella nätet, och relärum för signalsystemets stationära utrustning. Vidare ingår personalrum för trafik- och i vissa fall banpersonal, utrymme för säkerhetsutrustning, fläktrum för ventilation av biljetthall och driftutrymmen, soprum och städrum, pannrum m. m.

2. *OLIKA STATIONSTYPER*

Det andra bansystemet, räknat från Gärdet till Fruängen resp. Vårberg, omfattar 23 stationer, varav tre är gemensamma för första och andra bansystemet. 10 är egentliga tunnelstationer, d. v. s. de är belägna helt under gatunivån. Övriga är ytstationer, belägna helt eller delvis över mark. Samtliga stationer är i likhet med stationerna på första bansystemet byggda med mittplattformar. Fördelen härmed är bl. a. att man underlättar för trafikanterna att orientera sig om trafikriktning för respektive spår — och trafikhänvisningarna härom behöver inte anslås förrän på plattformen — varjämte det i allmänhet krävs mindre antal trappor. En ytstation med mittplattform kan vidare inhägnas lättare på ett effektivt sätt än en station med sidoplattformar.

Entréerna till de underjordiska stationerna har, för att inte inkräkta på gångbanorna, förlagts i fastigheter eller, där så ej varit möjligt eller där utrymme i gatuplanet funnits att tillgå, placerats i speciella entrébyggnader (Zinkensdamm, Aspudden). I allmänhet är biljetthallarna förlagda i plan under gatunivån. I vissa fall leder från biljetthallen gångtunnlar under angränsande gator (Hornstull V) eller till entréer i lämpliga punkter i närliggande bostadsområden (Midsommarkransen). Vid ett fåtal stationer — Mariatorget V, Hornstull Ö och Mälarhöjden — är biljetthallarna förlagda i gatans plan.

Samtliga underjordiska stationer är utförda med kvarstående bergpelare på plattformen, genombruten av förbindelsegångar mellan de båda plattformssidorna. De flesta av de underjordiska stationerna är utrustade med entréer i varje plattformsände, men även stationer med endast en entré förekommer, t. ex. Zinkensdamm, varvid trapporna mynnar ungefär mitt på plattformen.

Beträffande ytstationerna förekommer betydligt större variationer i utformningen. Här återfinns således stationer som har biljetthallen placerad i plattformsplanet, under spårplanet eller över spårplanet. En placering av biljetthallen i plattformsplanet, tillämpad vid Fruängen och Bredäng, innebär att inga möjligheter finns att utvidga biljetthallen på bredden, då densamma är låst av spårlägena. Att denna lösning trots allt har tillämpats vid de två nämnda stationerna sammanhänger med utformningen av omkringliggande bebyggelse. I Fruängen ligger sålunda plattformsplanet och därmed biljetthallen i nivå med en torgbildning till vilken alltså direkt entré

ansluter, under det att trappor från biljetthallen för ned till en annan torgbildning. Bredängs station har likaledes entrén till biljetthallen förlagd i ett plan under banan, varjämte en gångviadukt mellan spåren leder från biljetthallen i plattformsplanet till ett högre beläget bostadsområde.

En utformning med biljetthallen förlagd i ett plan ovanför spåren förekommer relativt ofta (t. ex. Liljeholmen, Örnsberg, Sätra). Vid stationerna Hägerstensåsen V och Västertorp förekommer biljetthall förlagd i planet under spåren.

Den olika utformningen av stationerna har givetvis även medfört att personal- och driftutrymmen fått förläggas på olika sätt. På grund av systemet med mittplattformar måste spåren säras på relativt långa sträckor på ömse sidor om stationen. Inom det utrymme som således uppstår har på tunnelstationerna olika slag av driftutrymmen kunnat förläggas, varjämte vissa utrymmen förlagts i anslutning till biljetthallarna. På ytstationerna har driftutrymmena placerats i själva stationshuset och i vissa fall under detta.

3. *BILJETTHALLAR*

Biljetthallarnas dimensioner varierar avsevärt beroende på de lokala förhållandena och stationernas trafikunderlag. Som en ungefärlig genomsnittssiffra kan anges 15×20 m för tunnelstation och 8×15 m för ytstation. Biljetthallen är utrustad med kiosker för biljettförsäljning och biljettkontroll till varierande antal. Möjligheter finns att installera fristående biljettmaskiner och biljettautomater samt att vid en eventuell omläggning av taxesystemet installera automatiska spärrgrindar som förhindrar inpassage.

Samtliga biljetthallar är utrustade med pressbyråkiosk. På de underjordiska stationerna förekommer en sådan kiosk även på plattformen, där den placerats i tvärtunnel som förbinder de båda plattformssidorna. Vidare förekommer i samtliga biljetthallar toaletter för allmänheten. De övervakas från pressbyråkioskerna och är belägna utanför spärrlinjen. Dylika toaletter planerades ej då det första bansystemet byggdes, men senare har flera stationer även där försetts med toaletter för allmänheten, antingen i biljetthallen eller i nära anslutning till den.

I biljetthallarna förekommer som standard s. k. T-information bestående av kartor och tidtabeller. I anslutning till entrén placeras en karta över stationens närmaste omgivning med busshållplatser m. m. markerade. Beträffande själva entrén som alltså oftast är belägen i en fastighet, eftersträvar man att hålla en viss yta i anslutning till entrén fri från kommersiella anordningar för att därigenom tunnelbaneentrén skall framhävas.

4. *TRAPP- OCH HISSFÖRBINDELSER*

Trappförbindelser förekommer dels från gatuplan till biljetthall, dels från biljetthall till plattform. På det första bansystemet utfördes samtliga trappförbindelser av det förstnämnda slaget såsom fasta trappor. Anledningen härtill var att rulltrappor ansågs böra förekomma endast innanför spärrlinjen för att spärrpersonalen skulle kunna kontrollera desamma. När rulltrappor numera blivit ett allt vanligare inslag i kommunikationerna har denna synpunkt fått vika för kravet på bekvämare transportvägar, varför rulltrappor och hissar på det andra bansystemet förekommer även utanför spärrlinjen. Avgörande för beslut om installation av rulltrappor eller ej har varit dels höjdskillnaden, dels stationens trafikbelastning.

De fasta trapporna på tunnelstationerna har man sökt ge en bredd av ca 4 m. På ytstationerna är bredden ofta mindre. Vid en bredd av 3 m och däröver får trapporna mitträcken, vilka är försedda med s. k. åkstoppar för att förhindra okynnesåkning. Steghöjden på de fasta trapporna har i allmänhet satts till ca 14,5 cm och stegbredden till 34 cm. I många fall har man dock av utrymmes- och andra skäl måst införa brantare trappor. Utomhus belägna gångtrappor är försedda med i stegen ingjutna värmeslingor för smältning av snö och is. Stegframkanterna är i allmänhet gjorda av betong med inblandad karborondum e. dyl. för att skapa större slitmotstånd och halksäkerhet.

Trapporna från gatuplanet till biljetthallen är som ovan nämnts ofta belägna i fastigheter. Där så icke är fallet har trapporna oftast försetts med en överbyggnad för att skydda mot snö och underlätta trappornas renhållning. Trapporna är dock helt öppna i vissa fall där en överbyggnad skulle skymma sikten för gatutrafiken eller i övrigt göra ett estetiskt mindre tilltalande intryck.

Entréerna kan ha dörrar antingen i gatuplanet eller i biljetthallsplanet. I det senare fallet förses trappan oftast med avstängningsgrindar i gatans plan för att förhindra obehöriga att uppehålla sig i trapporna då stationerna är stängda.

Rulltrapporna har samtliga en lutning mot horisontalplanet av 30° och i de allra flesta fall en invändig bredd av 1,2 m, vilket medger två

personer per steg. Rulltrapporna förekommer dels som enstaka trappor, dels sammanbyggda till batterier om upp till fyra trappor. Alla trapporna är reversibla. Trapporna kan startas antingen genom fotocellkontroll i den för trappan vanligaste rörelseriktningen eller med trampkontakt. Lyfthöjderna varierar mellan 4 och 20 meter. Som normalvärden för hastigheten i rörelseriktningen tillämpas f. n. 0,65 m/sek för låga trappor och 0,75 m/sek för höga trappor (mer än 8,5 meters lyfthöjd). Rulltrapporna har en omfattande säkerhetsutrustning, t. ex. nödstopp på balustraden, stoppknappar i spärrkiosker, anordningar för automatiskt stopp vid kedjebrott eller handledarbrott m. m.

Det andra tunnelbanesystemet på sträckorna Östermalmstorg—Fruängen—Sätra kommer att omfatta ca 50 rulltrappor, d. v. s. ungefär lika många som på det första systemet. Vid samtliga rulltrappor har man eftersträvat att erhålla ett driftsutrymme under och vid sidan av trappan för att möjliggöra underhåll och smärre reparationer utan driftsavbrott.

På alla underjordiska stationer har som komplement till rulltrapporna installerats antingen vertikala hissar eller snedhissar. De senare har i allmänhet samma lutning som rulltrapporna, men vid Östermalmstorg förekommer snedhissar med 60° lutning mot horisontalplanet. Hissarna är avsedda för personer som av olika skäl har svårt att använda rulltrappor och för transport av rullstolar, barnvagnar m. m.

Vid station Liljeholmen byggs en särskild bergbana som förbinder stationen med det ca 38 m högre upp belägna bostadsområdet. Banan går i tunnel med en lutning av 1:6,10 och trafikeras med en lindriven vagn för 40 passagerare. Hastigheten är 5 m/sek.

På flera av ytstationerna har byggts gångramper i lutning 1:10. Sålunda förekommer sådana vid Telefonplan, Sätra, Axelsberg och på det första bansystemet vid stationerna Hagsätra och Hässelby Strand. Förutom att dessa gångramper underlättar förbindelsen med plattformen för trafikanter som av vissa skäl har svårt att gå i trappor medverkar de till en jämnare fördelning av trafikanterna på tågen då de på grund av sin längd landar på ca 1/3 av plattformslängden. Ramperna har i allmänhet en bredd av ca 4 m.

5. *PLATTFORMAR*

Plattformarna har en längd av 145 m vilket medger trafikering med åttavagnarståg. Bredden på plattformarna varierar beroende på de lokala förhållandena. Vid de underjordiska stationerna med kvarstående bergpelare uppgår totala spåravståndet till ca 21 m, under det att ytstationernas plattformar i allmänhet har en bredd av 6—10 m. Plattformarna är möblerade med soffor, papperskorgar, automater m. m. Vidare har installerats högtalaranläggning, ur, ljusskyltar och fasta skyltar till trafikanternas vägledning. Man har förutsatt ett framtida destinationsskyltsystem som strax före ett tågs ankomst skall upplysa om dess destination. Vidare förekommer på plattformarna tidtabeller och andra trafikantanvisningar. Ytstationerna är försedda med tak på större delen av plattformen. Taken är i allmänhet utförda av järnkonstruktion med korrugerade eternitplattor.

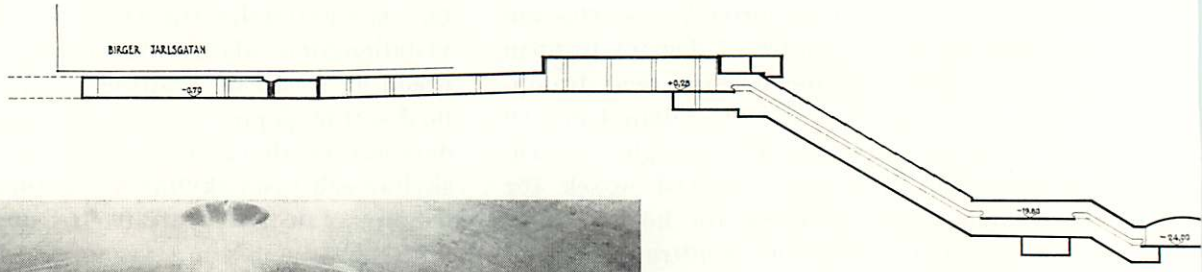
6. *UPPVÄRMNING*

Biljetthallarna uppvärms, där så erfordras, mestadels genom radiatorer på väggarna och med i golv ingjutna värmeslingor. Plattformshallarna är inte försedda med uppvärmning. Personal- och driftutrymmen är däremot uppvärmda såväl på underjordiska stationer som på ytstationer. Värme inköps antingen från en närbelägen fastighet eller kommer från eget pannrum, varvid pannorna i de flesta fall är oljeeldade. Biljett- och viserkiosker är såväl på tunnel- som ytstationer försedda med elektrisk uppvärmning med hänsyn till personalens arbetsförhållanden.

7. *MATERIALVAL*

Största vikt har lagts vid materialvalet. De krav som man härvid uppställer är bl. a. hållfasthet mot åverkan, stor slitstyrka, halksäkerhet, lätthet att rengöra. Härtill kommer givetvis kravet på ett tilltalande utseende.

Golven i biljetthallar och på de underjordiska stationernas plattformar är i allmänhet utförda med sintrade plattor eller cementmosaik gjuten på platsen. För ytstationernas plattformar är beläggningen i de flesta fall asfalt. På ett par ytplattformar förekommer dock gångbaneplattor. Väggbeklädnadsmaterialet i tunnelstationernas biljetthallar och plattformshallar är i allmänhet glaserat kakel eller klinker i varierande färger. På ytstationerna förekommer även eternitplattor, trä, obehandlade betongytor, natursten m. m. Kiosker, dörrar och rulltrappsbalustrader är utförda med plastlaminat mellan metallprofiler.



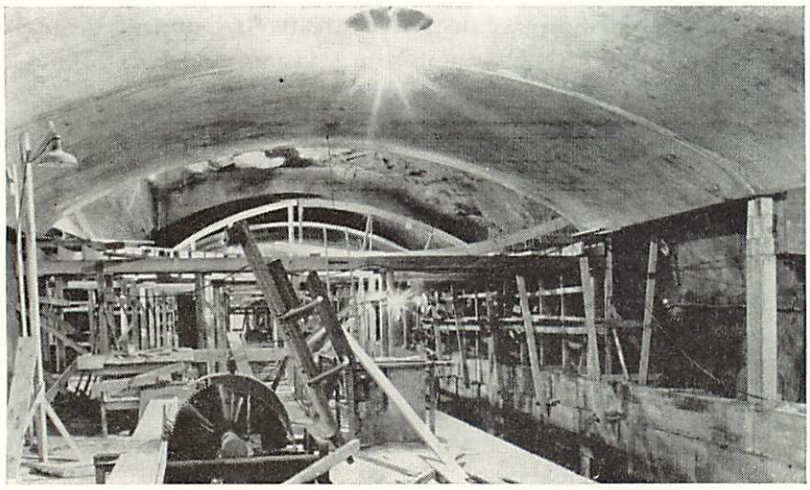
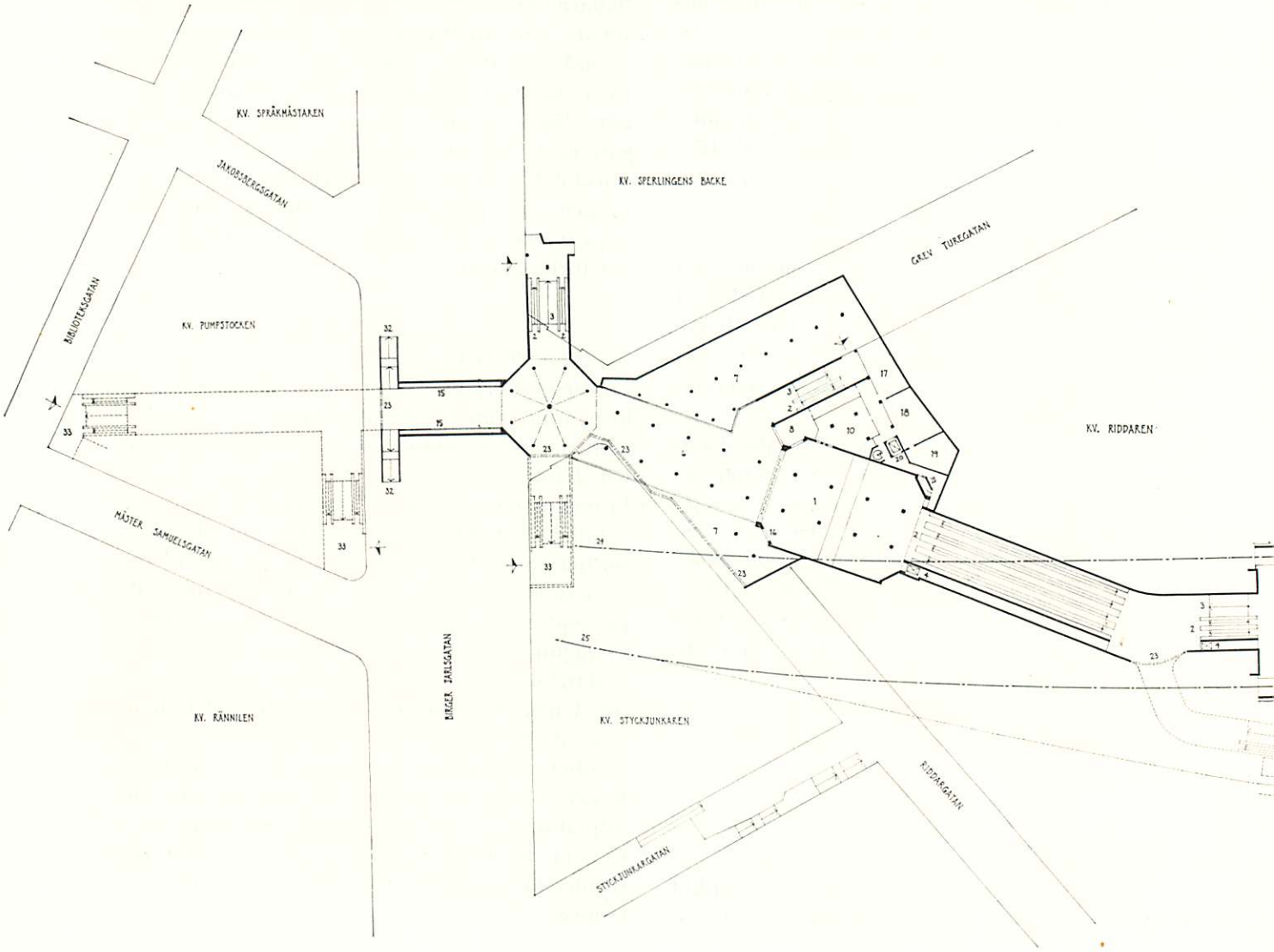
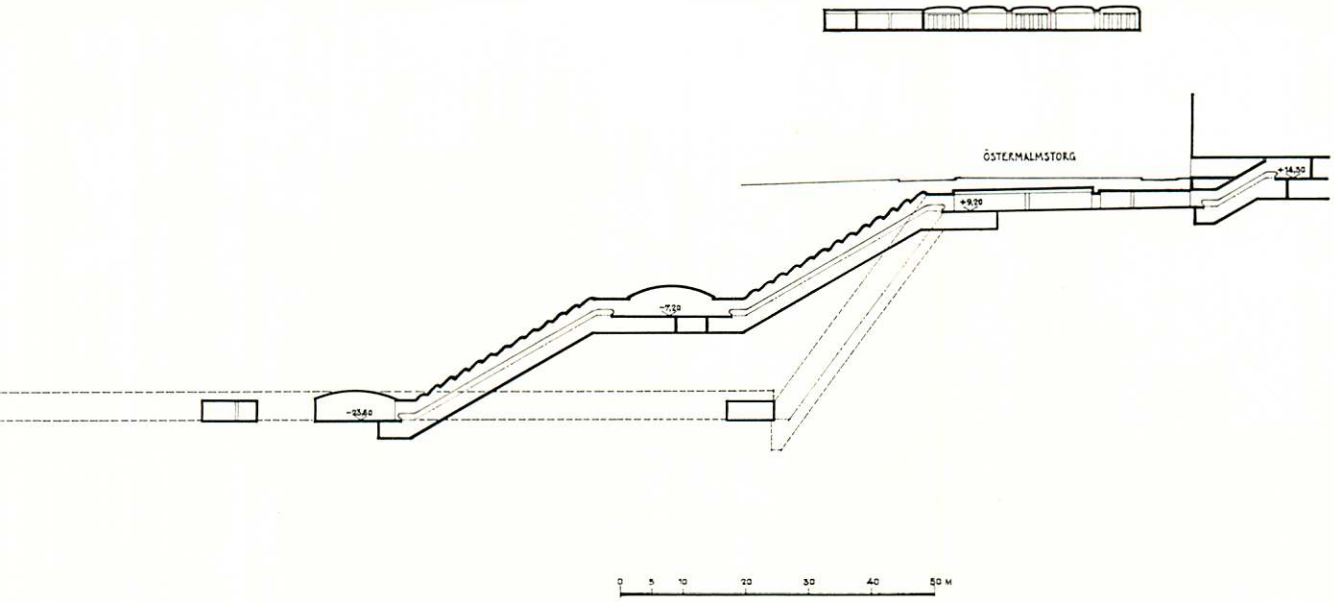


Fig.14:1 a. Plattform under konstruktion.

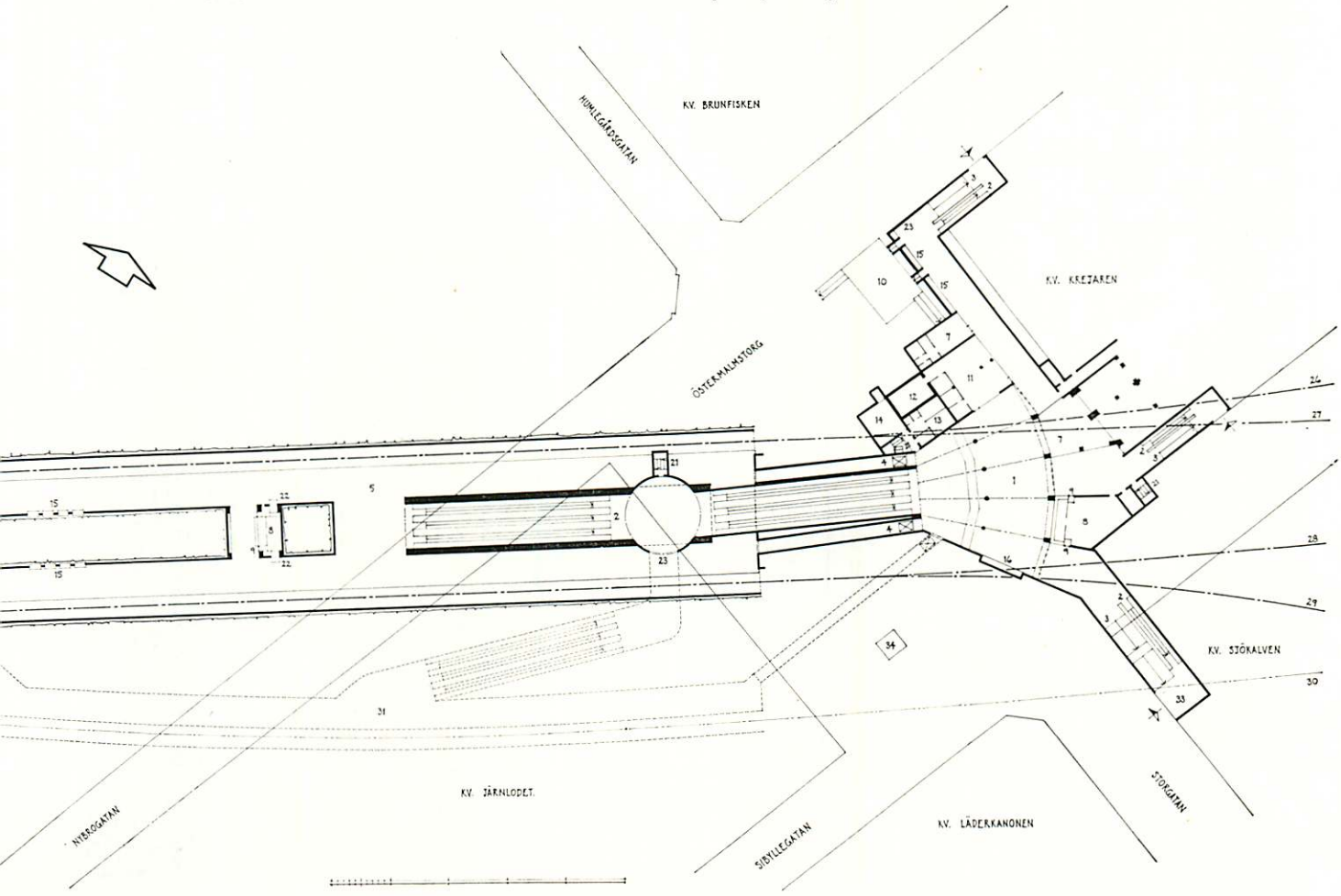




Underjordisk station på stort djup. Den ena biljetthallen vid Birger Jarlsgatan c:a 27 m under gatuplanet, den andra under Östermalmstorg c:a 38 m under gatuplanet. Båda biljetthallarna utrustade med butiker. Ytterväggarna utmed plattformen förses med ristningar i naturbetong utförda av kostnärinnan Siri Derkert. Ytterligare en plattform, markerad på planen, tillkommer om banan, förutom den beslutade förlängningen mot Gärdet, utbygges med en gren mot Östra Station.

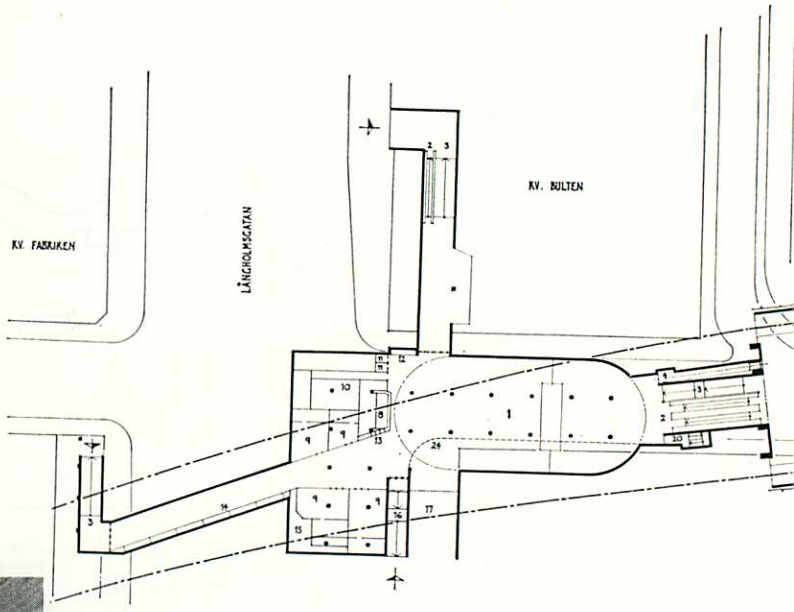
Fig. 14:1 b (ovan). Station Östermalmstorg. Längdsektion samt tvärsektion genom biljetthall mot Östermalmstorg.

Fig. 14:1 c (nedan). Plan över station Östermalmstorg. 1. Biljetthall. 2. Rulltrappa. 3. Fast trappa. 4. Snedhiss. 5. Plattform. 6. Rulltrappa. 7. Butik. 8. Pressbyrån. 9. Telefon. 10. Offentliga toaletter. 11. Bank. 12. Bankvalv. 13. S. S. lokaler. 14. Reservkraftrum. 15. skyltskåp. 16. Effektförvaring. 17. Apparatrum. 18. Pannrum. 19. Olja. 20. Varuhiss. 21. Trappa till maskinrum. 22. Trafikledarekiosk. 23. Provisorisk vägg under första byggnadsetapp. 24. Spår från T-centralen. 25. Spår mot T centralen. 26. Ev. spår mot Stadion. 27. Spår mot Ropsten. 28. Ev. spår från Stadion. 29. Spår från Ropsten. 30. Ev. alternativt spår från Ropsten. 31. Ev. tredje plattform. 32. Provisorisk trappa till Birger Jarlsgatan. 33. Framtida utgång. 34. Tryckutjämningsschakt.



STATION HORNSTULL

Underjordisk station. Västra biljetthallen är huvuduppgång och försedd med ett antal butiker i biljetthallen. Östra biljetthallen ligger i gatuplanet i en fastighet kombinerad med en likriktarstation. Övervåningen utgöres av kontor och taket är utformat som en terrass i förbindelse med en parkanläggning.



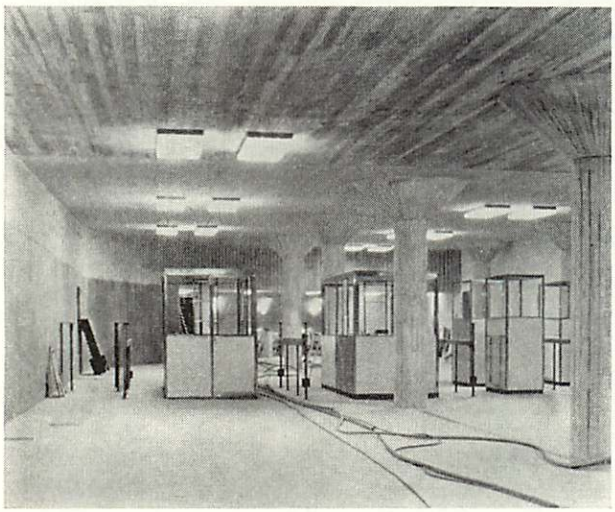
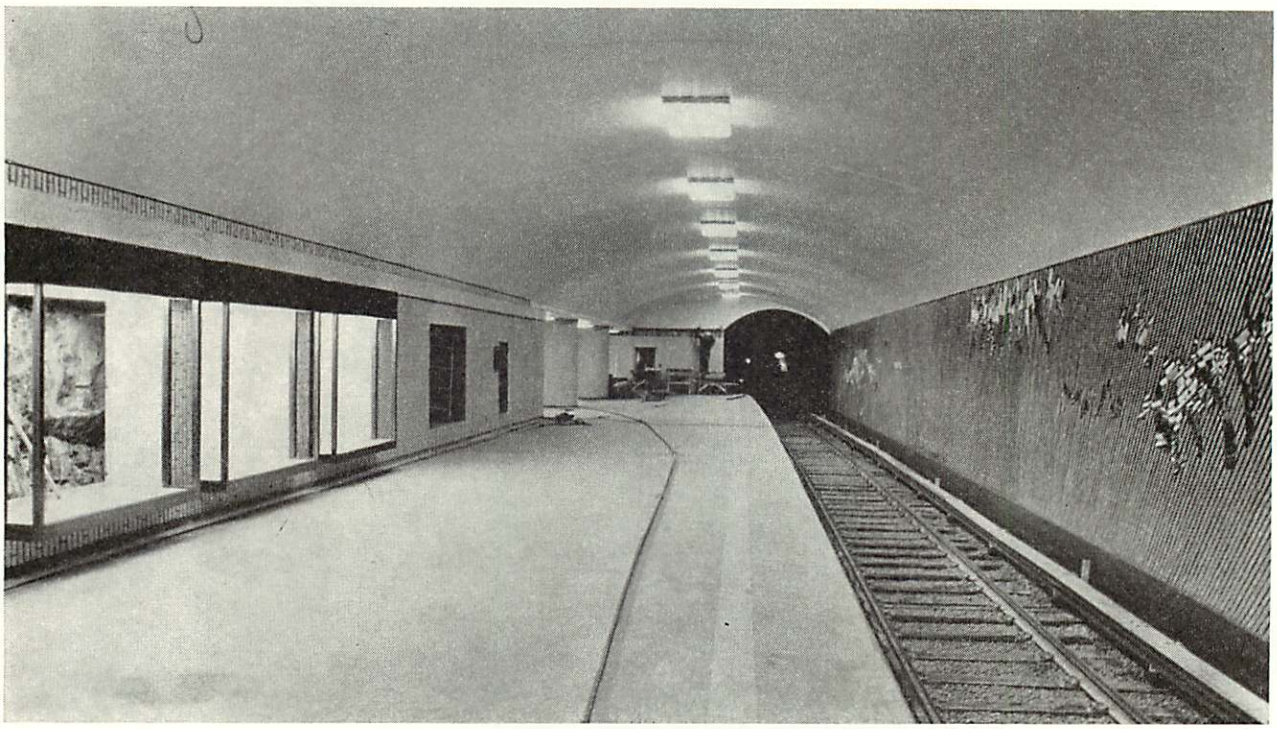
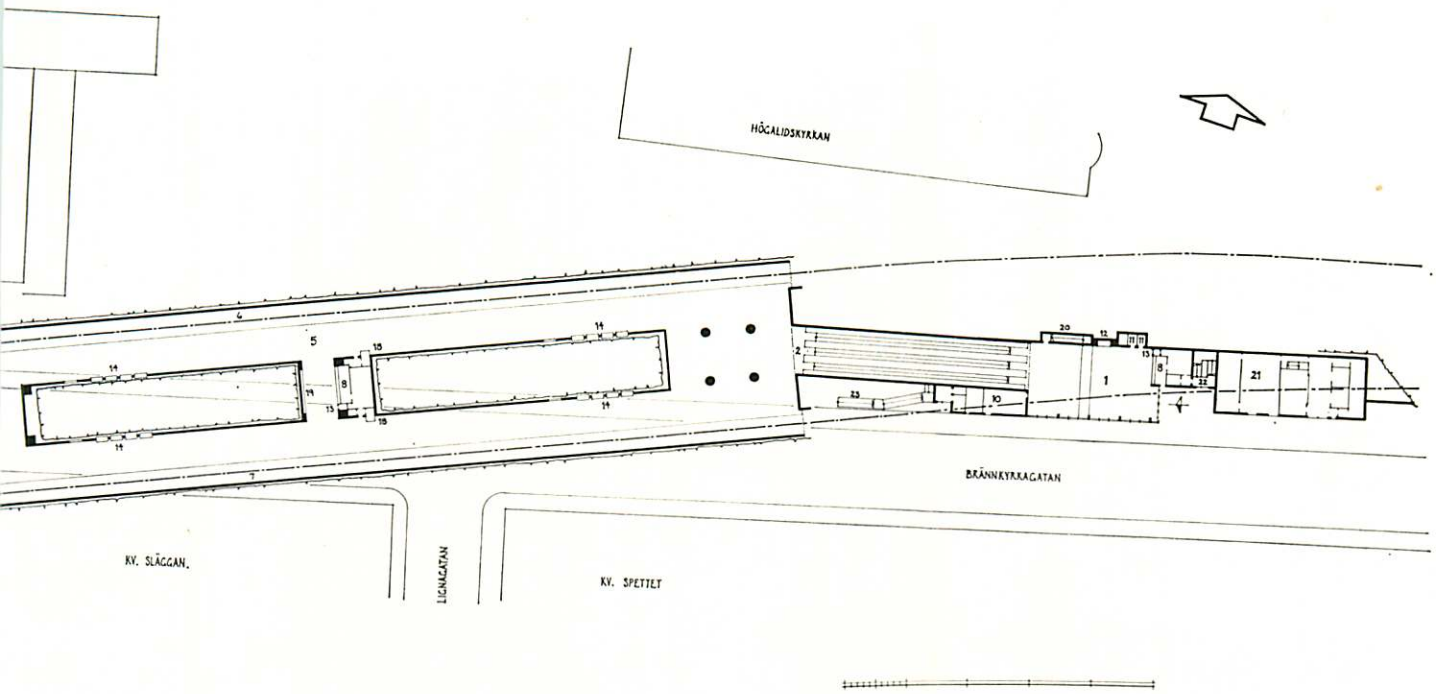


Fig. 14:3 a. Plan över station Hornstull. 1. Biljetthall. 2. Rulltrappa. 3. Fast trappa. 4. Snedhiss. 5. Plattform. 6. Spår mot stadens centrum. 7. Spår mot Fruängen och Sätra. 8. Pressbyråkiosk. 9. Butik. 10. SS utrymme. 11. Offentlig toalett. 12. Effektförvaring. 13. Telefon. 14. Skyltskåp. 15. Gatukontorets trafiksignalrum. 16. Provisorisk trappa mot Hornsgatan. 17. Framtida utgång mot Hornsgatan. 18. Trafikledarekiosk. 19. Automater. 20. Trappa till maskinrum. 21. Likriktarstation. 22. Entré till kontorsvåning. 23. Trappa till Högalidskyrkan. 24. Provisorisk vägg under första byggnadsetapp.

Fig. 14:3 b (t. v.). Västra biljetthallen.

Fig. 14:3 c (nedan). Plattform med dekor i glaserat tegel utförd av konstnär Berndt Helleberg.

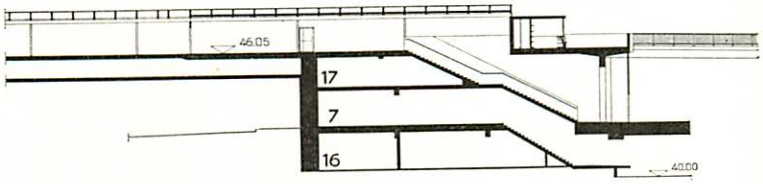


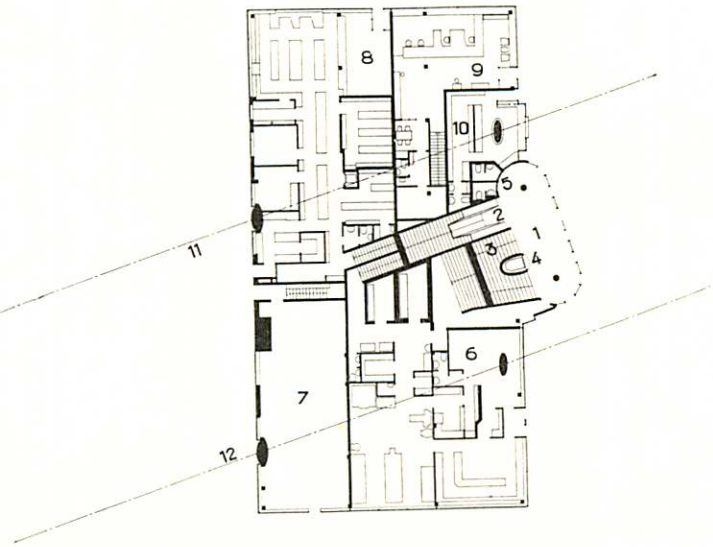


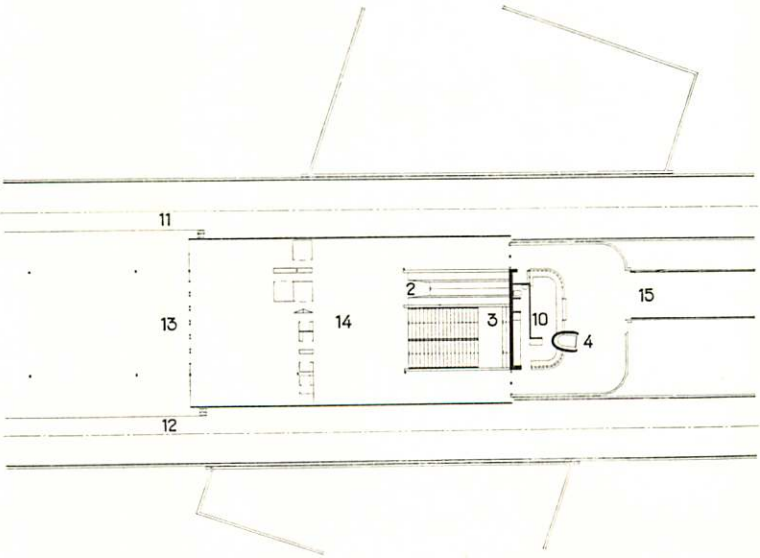
STATION BREDÄNG

Banan går här på två enkelspårsviadukter under vilka stationshuset ligger. Från en entréhall i gatuplanet kommer man via fast trappa, rulltrappa och hiss upp till plattformen där själva biljetthallen med spärrlinje är placerad. Plattformsplanet står vidare genom en utgångsviadukt i direkt förbindelse med bebyggelsen på det norr om stationen belägna höjdpartiet.

Fig. 14: 4. Plan och längdsektion av station Bredäng. 1. Entréhall. 2. Rulltrappa. 3. Fast trappa. 4. Hiss. 5. Offentlig toalett. 6—9. Butiker. 10. Pressbyråkiosk. 11. Spår mot stadens centrum. 12. Spår från stadens centrum. 13. Plattform. 14. Biljetthall. 15. Gångviadukt. 16. Lagerlokaler. 17. Driftsutrymmen.





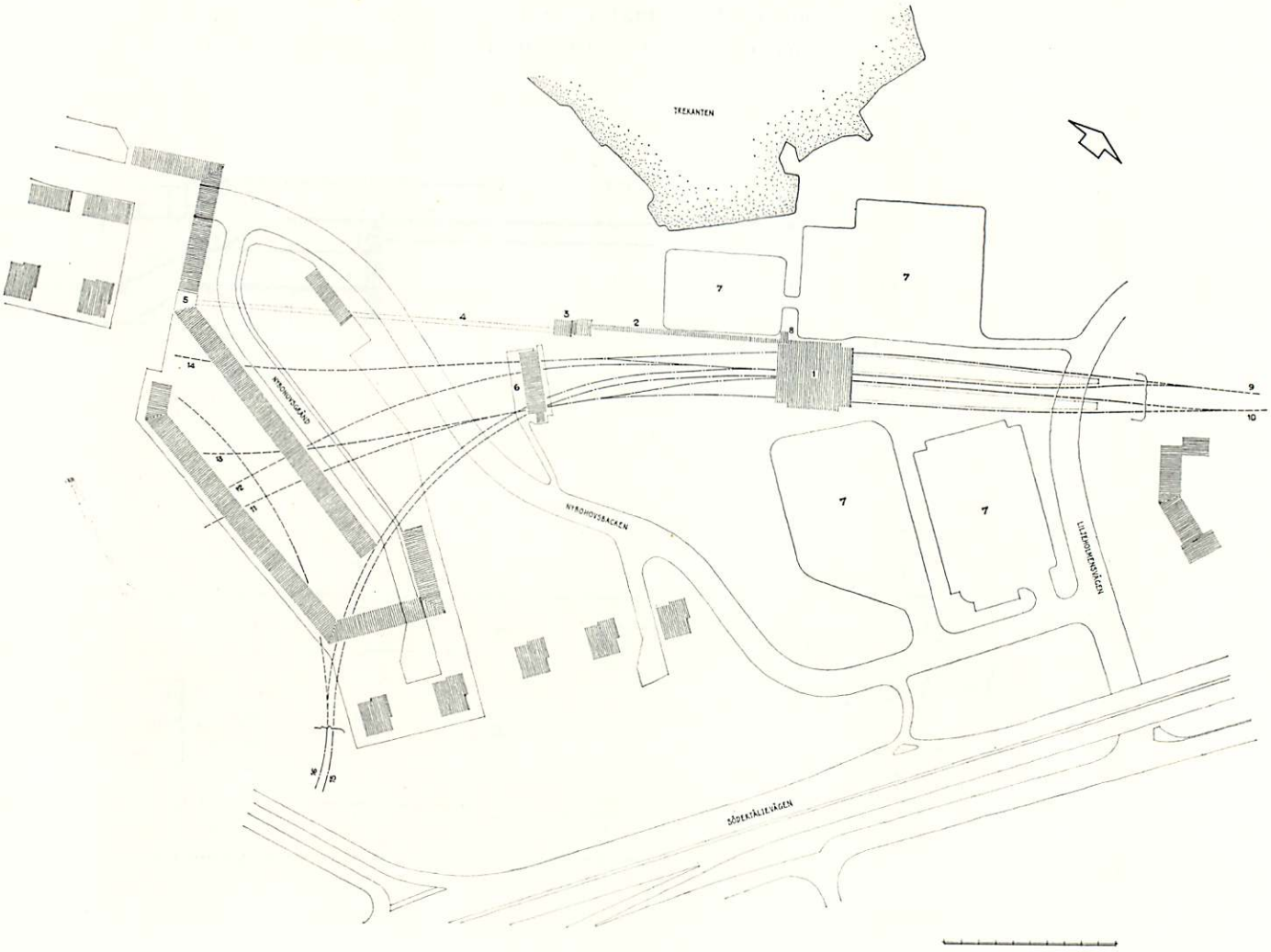


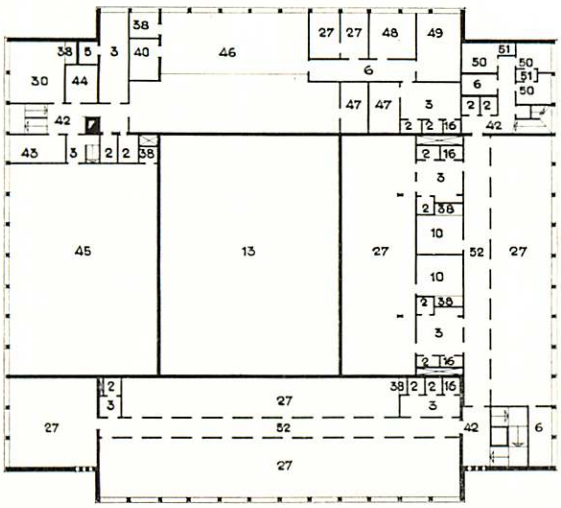
Stationen är en grenstation för de båda banorna mot Fruängen respektive Vårberg. Dessutom utgår förbindelsespåren till vagnhallen från denna station, som vidare har stor anslutningstrafik med bussar. En infartsparkering för c:a 800 bilar finns i anslutning till stationen. I stationshuset inrymmes ett flertal butiker, bank, post, restaurang och kontorslokaler. Vidare har här placerats en trafikexpedition samt ställverk för hela andra bansystemet. Från stationen leder en hissbana i lutning 1:6,15 via en gångviadukt upp till det c:a 38 m högre belägna bostadsområdet på Nybohovsberget.

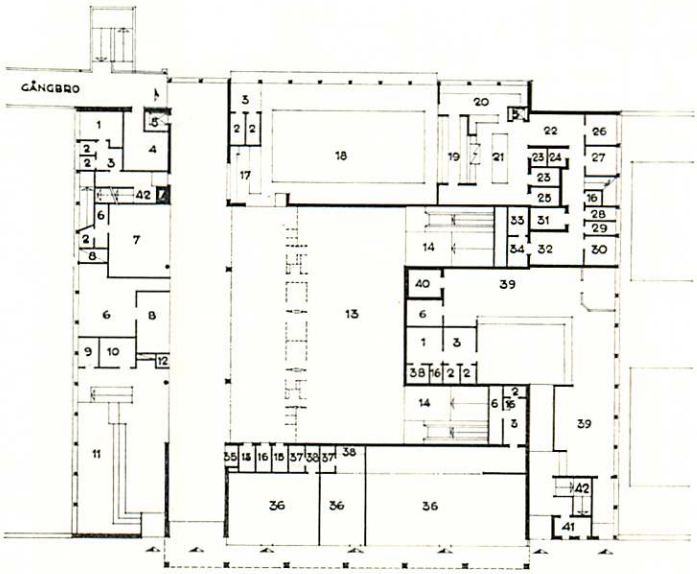
Fig. 14:5 (nedan). Plan över station Liljeholmen. 1. Stationshus. 2. Gångbro. 3. Nedre vänthall. 4. Nybohovs hissbana. 5. Övre vänthall. 6. Likriktarestation. 7. Parkering. 8. Trappa. 9. Spår mot stadens centrum. 10. Spår från stadens centrum. 11. Spår till Fruängen. 12. Spår från Fruängen. 13. Spår mot Sätra. 14. Spår från Sätra. 15. Spår mot Nybodahallen. 16. Spår från Nybodahallen.

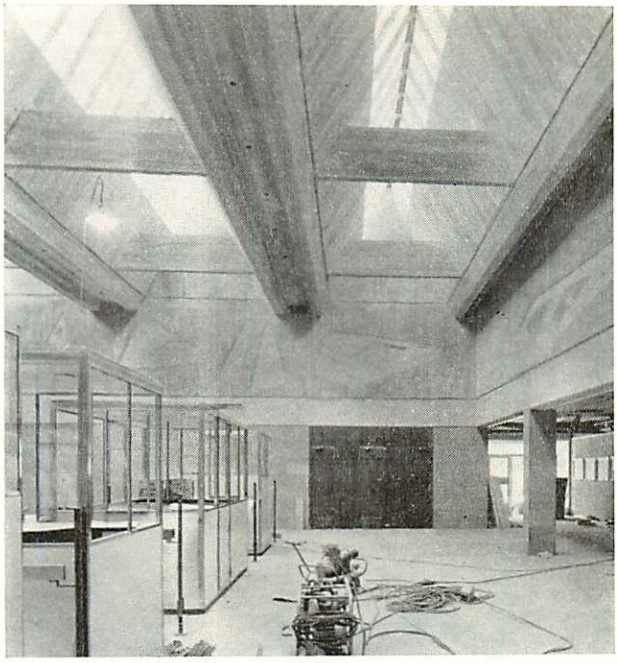
Fig. 14:6 a (t. h.). Plan över station Liljeholmen. 1. Personalrum. 2. Toalett. 3. Kapprum. 4. Sop- och emballagerum. 5. Hiss. 6. Förråd. 7. Kiosk. 8. Pressbyråkiosk. 9. Arbetsrum. 10. Konferensrum. 11. Banklokal. 12. Telefon. 13. Biljetthall. 14. Uppgång från plattformen. 15. Offentlig toalett. 16. Städ. 17. Cafeteria. 18. Restaurant. 19. Bardisk. 20. Diskrum. 21. Kök. 22. Varumottagning. 23. Kökskyl. 24. Mejerikyl. 25. Potatis och rotfruktskyl. 26. Tomgods. 27. Kontor. 28. Rent linne. 29. Smutsigt linne. 30. Matrum. 21. Öl- och vattenkyl. 32. Bröd och specerier. 33. Kylmaskinrum. 34. Elskåpsrum. 35. Effektförvaring. 36. Butik. 37. Städ och toalett. 38. Pentry. 39. Post. 40. Valv. 41. SS trafikbefäl. 42. Trappa. 43. Tillsyningsman. 44. Hissmaskinrum. 45. Manöverrum. 46. Trafikexpedition. 47. Personal och skyddsrum. 48. Kammarskrivare. 49. Stationsföreståndare. 50. Omklädningsrum. 51. Dusch. 52. Korridor.

Fig. 14:6 b (t. h.). Interiör av biljetthall.









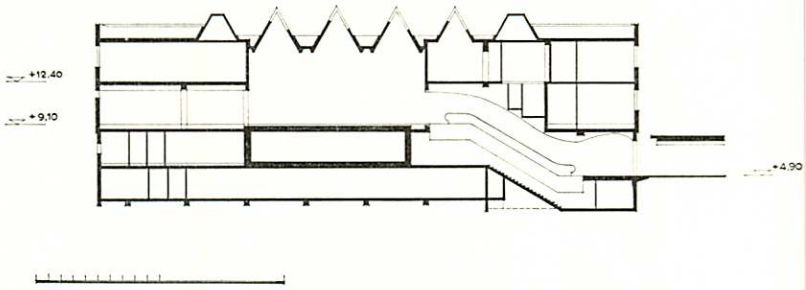
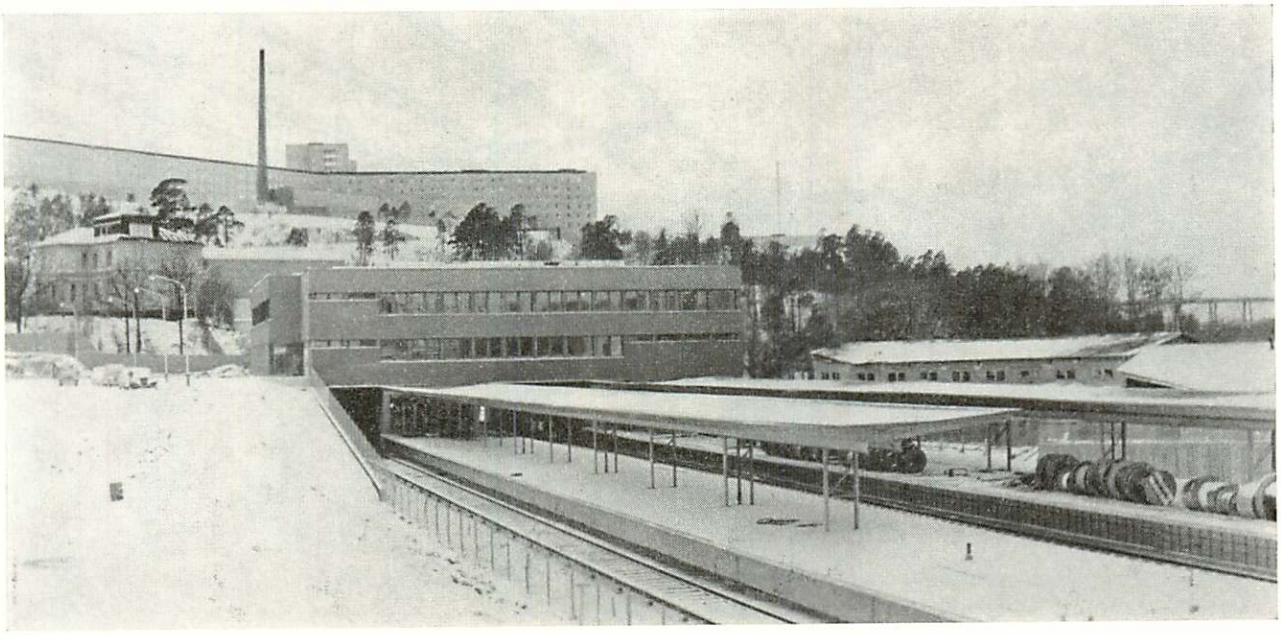
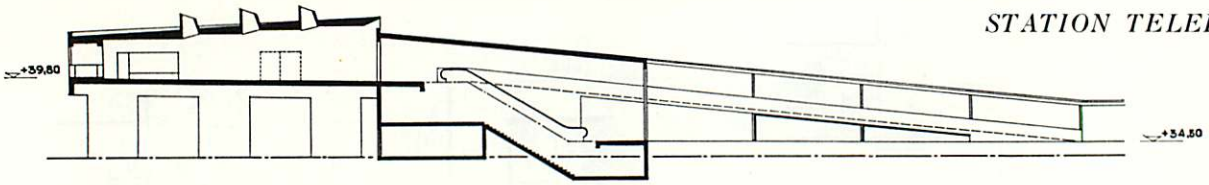
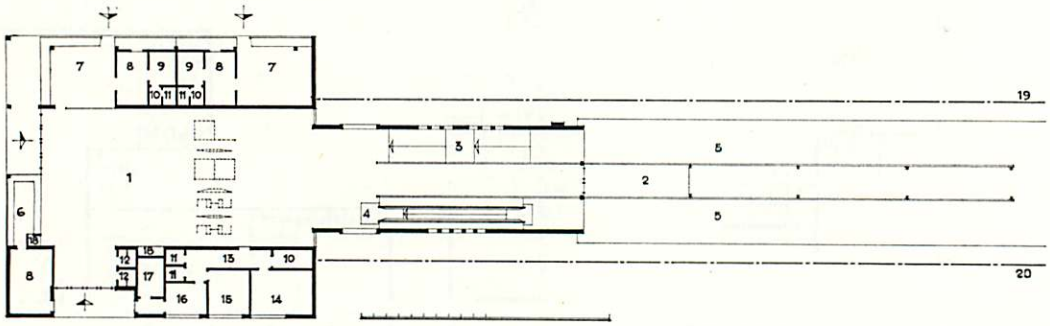


Fig. 14:6 c. Längdsektion av station Liljeholmen.

Fig. 14:6 d (nedan). Stationshuset, sett från öster.







Banan ligger här i ett öppet schakt ca 6 m under gatuplanet. Biljetthallen ligger i anslutning till en viadukt över schaktet och har två entréer, en mot viadukten och en mot den busshållplats som ligger söder om stationen. Förbindelsen mellan biljetthall och plattform utgöres av fast trappa, rulltrappa och gångramp i lutning 1:10.

Fig. 14:7 a (överst). Längdsektion av station Telefonplan.
Fig. 14:7 b. Plan över station Telefonplan. 1. Biljetthall. 2. Ramp. 3. Fast trappa. 4. Rulltrappa. 5. Plattform. 6. Pressbyråkiosk. 7. Butik. 8. Lager. 9. Personalrum. 10. Städ. 11. Toalett. 12. offentlig toalett. 13. Korridor. 14. Matrum. 15. Avräkningsrum. 16. Befälsrum. 17. Soprum. 18. Telefonhytt. 19. Spår mot stadens centrum. 20. Spår mot Fruängen.

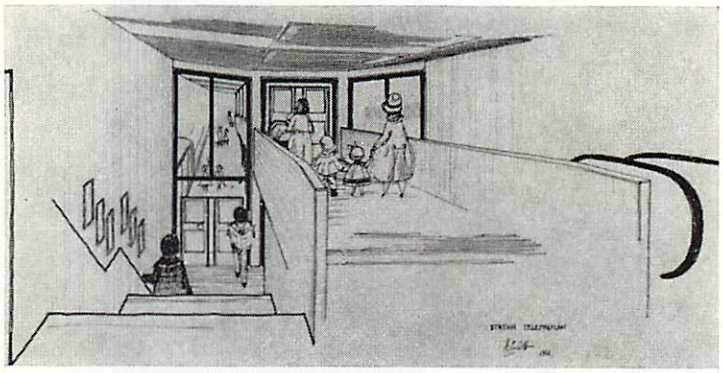
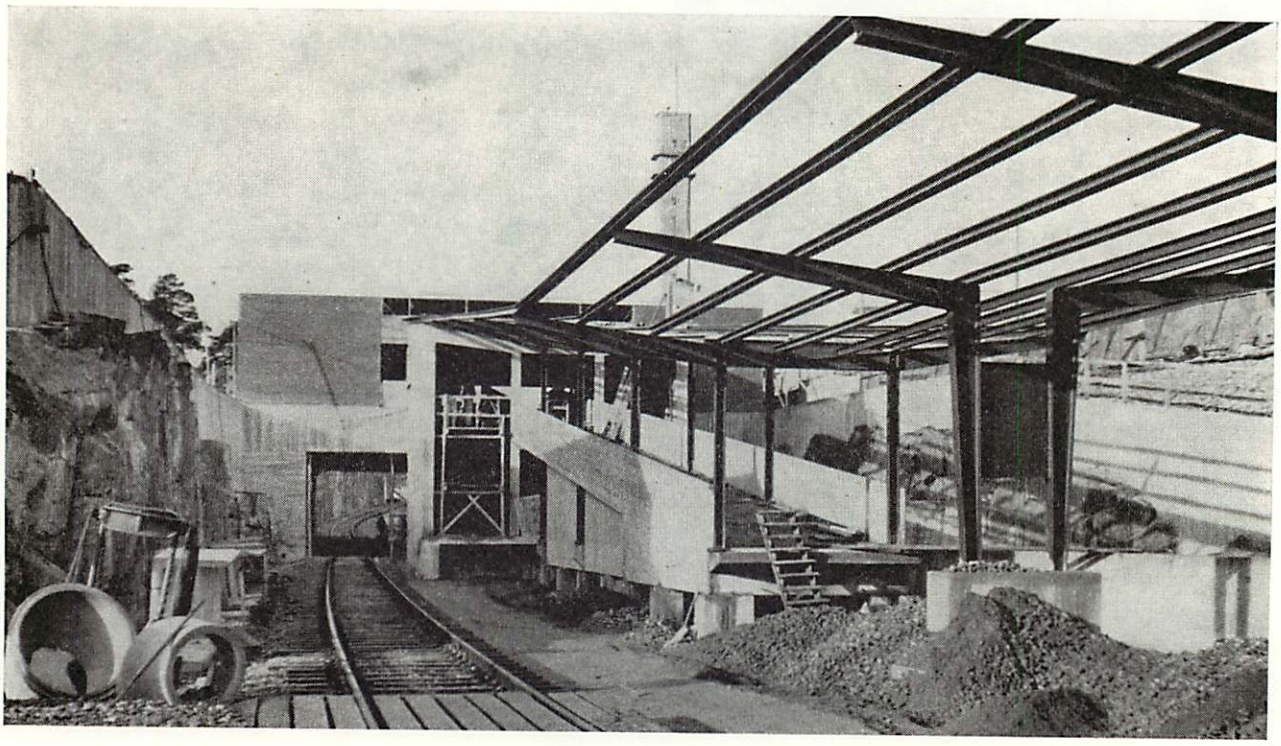
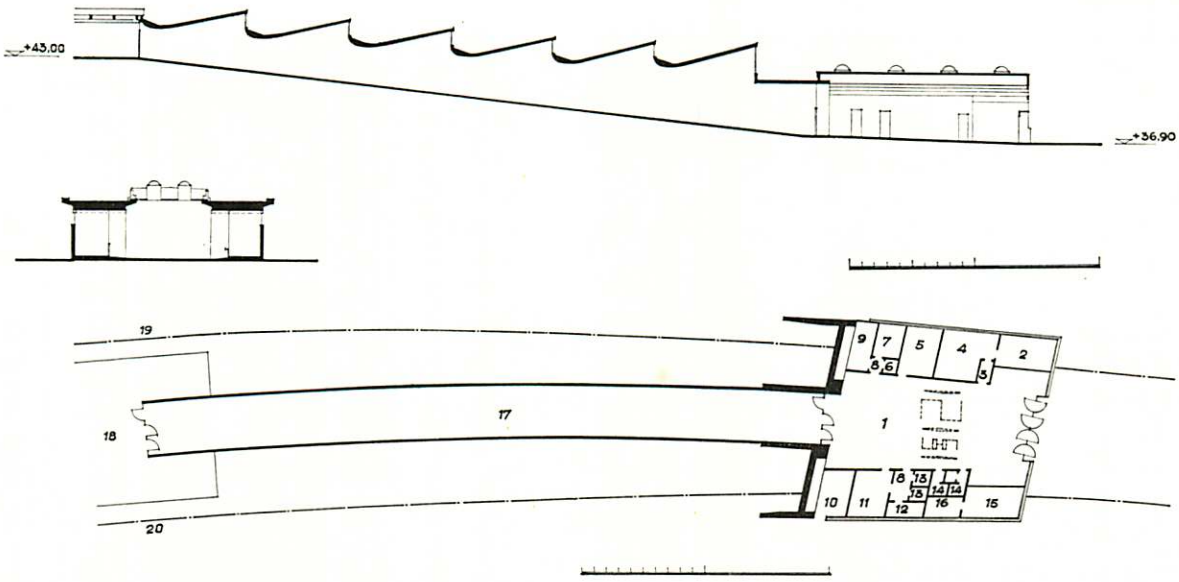
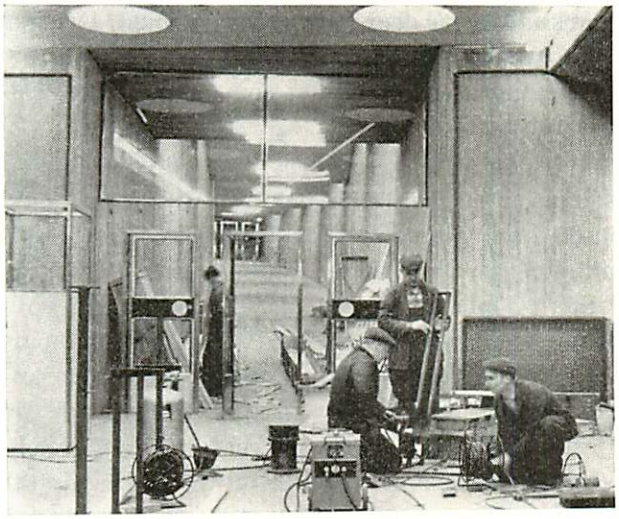


Fig. 14:7 c. Interiör sedd mot plattformen.

Fig. 14:7 d (nedan). Plattform och gångramp under konstruktion.





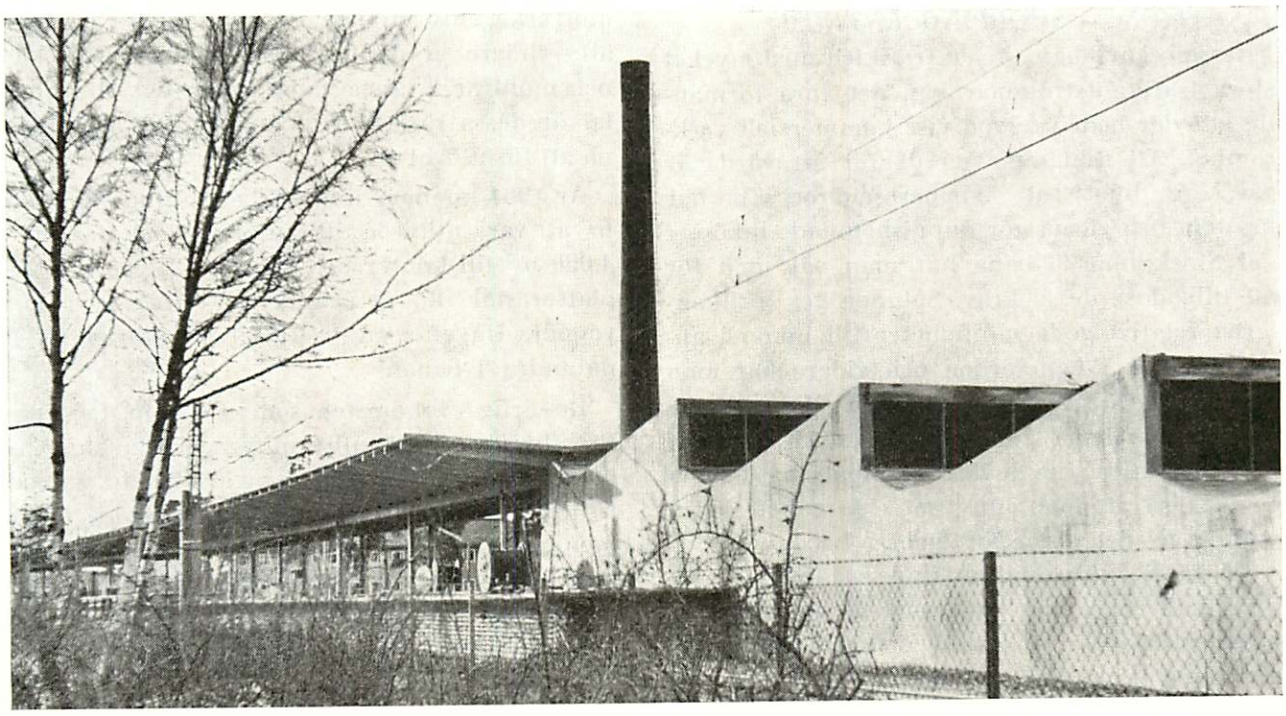


Stationen har två biljetthallar varav här den norra, mot Västertorps Centrum, illustrerats. Hallen ligger under en tidigare byggd viadukt och planlösningen har i stort sett måst anpassas efter denna. Från biljetthallen leder gångramp i lutning 1:10 upp till plattformen.

Fig. 14:8 a (överst). Sektioner av station Västertorp.
Fig. 14:8 b. Plan. 1. Biljetthall. 2. Pressbyråkiosk. 3. Telefonhytt. 4. Lager. 5. Avräkningsrum. 6. Varmluftsaggregat 7. Apparatrum. 8. Passage. 9. Soprum. 10. El. central. 11. Matrum. 12. Städrum. 13. Toalett. 14. Offentlig toalett. 15. Kiosk. 16. Lager. 17. Ramp. 18. Plattform. 19. Spår mot stadens centrum. 20. Spår mot Fruängen.

Fig. 14:8 c (t. v.). Gångrampen sedd från biljetthallen.

Fig. 14:8 d (nedan). Gångramp och plattform.



KONSTNÄRLIG UTSMYCKNING

Liksom vid det första bansystemet ordnade man även vid planerandet av tunnelbanesystem II en tävlan om konstnärlig utsmyckning av stationerna. Tävlingsresultatet var även denna gång omfattande och uppvisade många intressanta förslag till utsmyckningen. Sammanlagt inkom ca 150 förslag, av vilka ett tjugotal prisbelönades.

Vid den förra tävlingen begränsades utförandet till en enda station, T-Centralen, men denna gång har man låtit ett flertal stationer få del av den konstnärliga utsmyckningen. Sålunda kommer de yttre väggarna i plattformsplanet på station Östermalmstorg att utsmyckas med ristningar i naturbetong. Stationen Hornstulls plattformsväggar är beklädda med glaserat holländskt tegel i stavform med ytterväggarna hållna i en röd färgton och innerväggarna i vitt. På station Mariatorget har de inre väggarna i plattformsplanet klätts med keramik i stavform med djupa reliefer. På Mälarhöjdens station användes för första gången emaljerad plåt som beklädnadsmaterial för väggarna i spårplanet, även detta ett resultat av pristävlingen. Dessutom förekommer i vissa biljetthallar målningar på emaljerad plåt eller utsmyckning med keramiskt material. Vidare förekommer grindpartier i konstsmide och skulpturala utsmyckningar i form av statyetter, reliefer på pelare m. m.

T-STATION — SHOPPINGCENTRUM

Eftersom en T-bana är en trafikled med mycket stora trafikantströmmar kan det vara förmånligt att där bedriva även viss kommersiell verksamhet. Att reklamplatser där är åtråvärda är väl känt, likaså att T-baneresenärer ofta har bråttom och gärna gör impulsbetonade inköp.

I Stockholms T-bana har man väl sörjt för att tillgodose dessa krav. Sålunda ges trafikanterna relativt goda möjligheter till inköp i anslutning till T-banefärden och vidare har man upplåtit åtskilliga reklamplatser. Vid utbyggnaden av T-bana 2 har man i stort sett gått efter de linjer som redan tillämpats på T-bana 1, dock så att man utnyttjat erfarenheter som vunnits av det första systemet.

På varje T-banestation finns sålunda i varje biljetthall och på innerstadens plattformar pressbyråkiosker för tidningar, tobak, konfektyrer, papeterier, film, tandkräm etc. Dessa tillhandahåller också SS periodkort. Efter kioskernas stängning kan man handla bl. a. tobak och konfektyrer i automater, liksom en del andra varor. I biljetthallarna eller i stationsbyggnaderna i förorterna finns härutöver ett flertal butiker i skilda branscher. Man kan alltså snabbt köpa blommor, lämna sin kemtvätt, köpa bröd och mjölk, lämna in sin klocka eller sin film, köpa sina strumpor, komplettera sitt behov av frukt och konserver o. s. v. Sammanlagt skulle dessa 90 butiker utgöra ett imponerande shoppingcenter med 25-talet olika branscher. Bortåt 900 effektförvaringsautomater (EFA-boxar) står till trafikanternas tjänst och brukas för inemot en halv miljon förvaringar per år.

Stundom skapas i samband med byggandet av T-banans stationer även andra utrymmen såsom garage, lagerlokaler och kontorslägenheter. Sistnämnda utrymmen är åtråvärda på hyresmarknaden på grund av centrala läget. Det har synts angeläget att verkligen söka tillvarata för uthyrning alla utrymmen som inte direkt fordras för trafikföretagets eget behov.

På samma sätt uthyres för reklamändamål sådana ytor som inte behövs för driften men ändå kan lämpa sig för meddelanden till allmänheten. Den mest imponerande reklamen finns på plattformsväggarna, men även i rulltrappor och på specialplatser har reklamköparna möjligheter att lämna budskap om sina varor. Även vagnparken utnyttjas för reklam. De flesta tycker att välskött reklam skapar omväxling och ger ett trevligt intryck. Man flyttar också reklam från station till station för att motverka enformighet. På T-bana 2 avser man att i högre grad än tidigare skapa skyltskåp och montrar. I långa gångtunnlar och stora hallar är dessa ljusa partier något för trafikanterna att fästa ögat på.

År 1964 kommer inom T-banan ungefär 9.000 m^2 att vara uthyrda till butiksytor och liknande, 4.000 m^2 till kontor och lager ca 25.000 reklamplatser står till förfogande i T-banan och dess vagnar. Ungefär en tredjedel av ytorna faller på andra T-banan.

De årliga inkomster som T-banan får från Pressbyrån, butiksuthyrningen, uthyrning av övriga lokaler och reklamen i T-banan uppgår till ca 7 miljoner kronor. Därav faller på reklamen ungefär 3,7 miljoner kronor. Det är sålunda väsentliga kapitalbelopp som förräntas genom de inkomster som den i och för sig servicebetonade och trafikantvänliga kommersiella verksamheten ger.

TYPERNA C1, C2 OCH C3

För den första tunnelbanan anskaffade spårvägsbolaget 450 tunnelvagnar, vilka levererades av Aktiebolaget Svenska Järnvägsverkstäderna (ASJ) i Linköping och Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget (ASEA) i Västerås i samarbete, varvid ASJ svarade för den mekaniska delen av vagnarna och ASEA för den elektriska. Den första vagnen, en provvagn, levererades från Linköping år 1949 och året därpå började en genom åren fortlöpande leverans av tunnelvagnar, vilken ännu pågår. Den 450:e vagnen levererades år 1961 och följdes omedelbart av vagnarna i den serie om 150 vagnar, som spårvägsbolaget år 1959 beställde hos samma leverantörer med tanke på den utökning av vagnparken som skulle erfordras för den andra tunnelbanan. Senare har denna beställning utökats att gälla 200 vagnar.

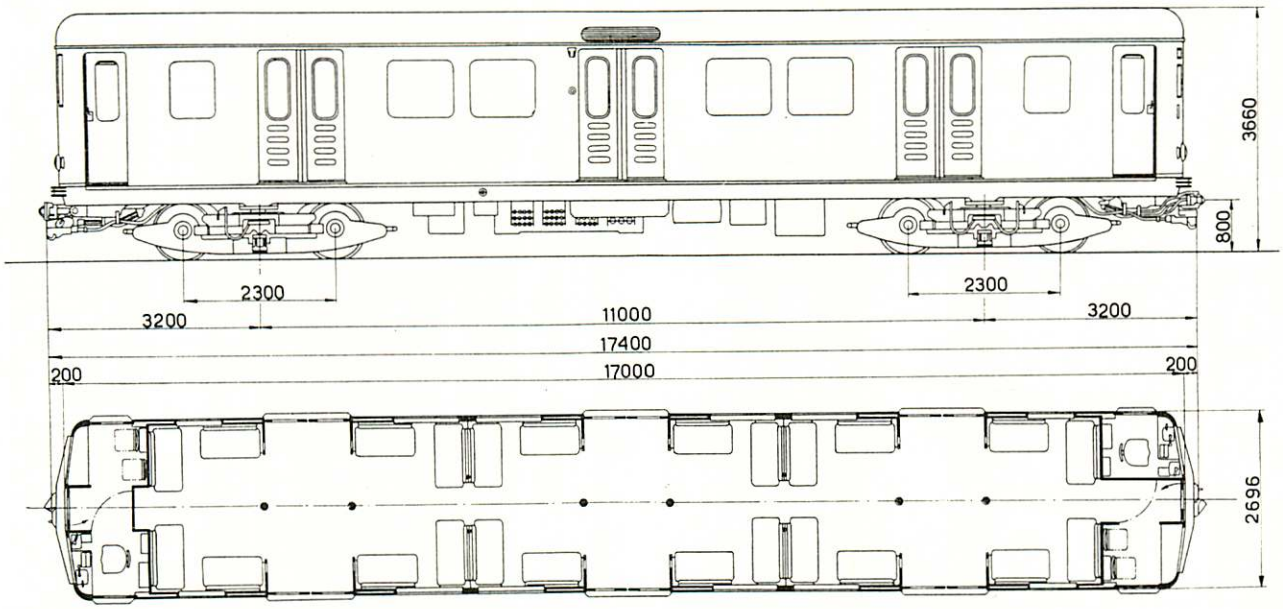
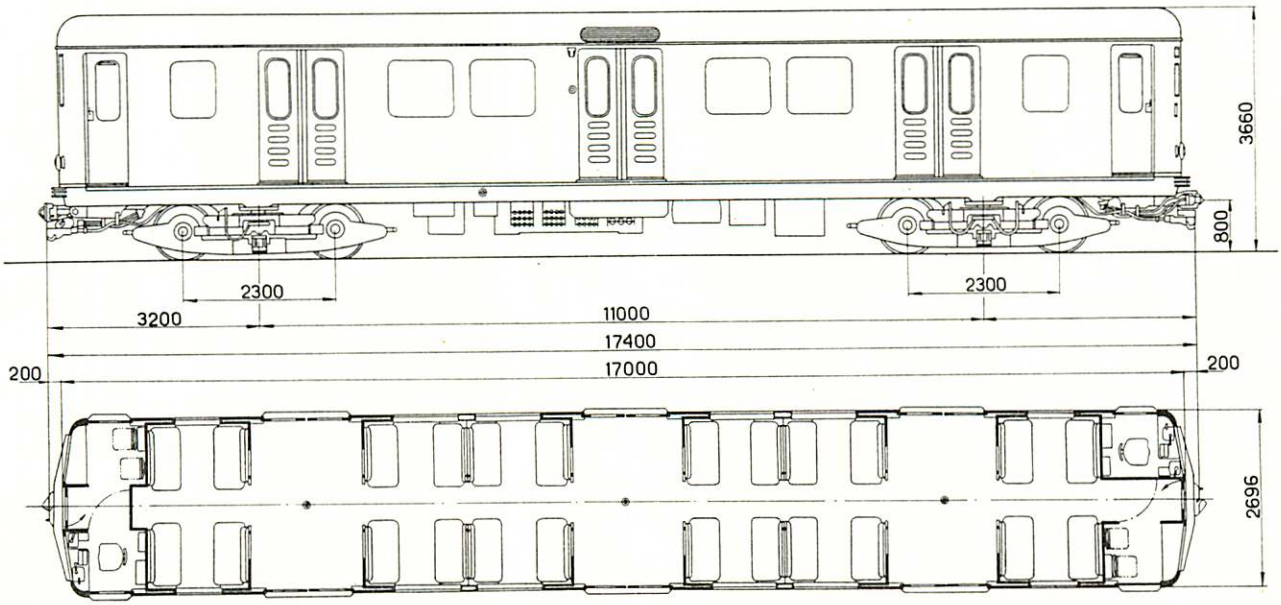


Fig. 15:1 (ovan). Tunnelvagn typ C 1.

Fig. 15:2 (nedan). Tunnelvagn typ C 2.



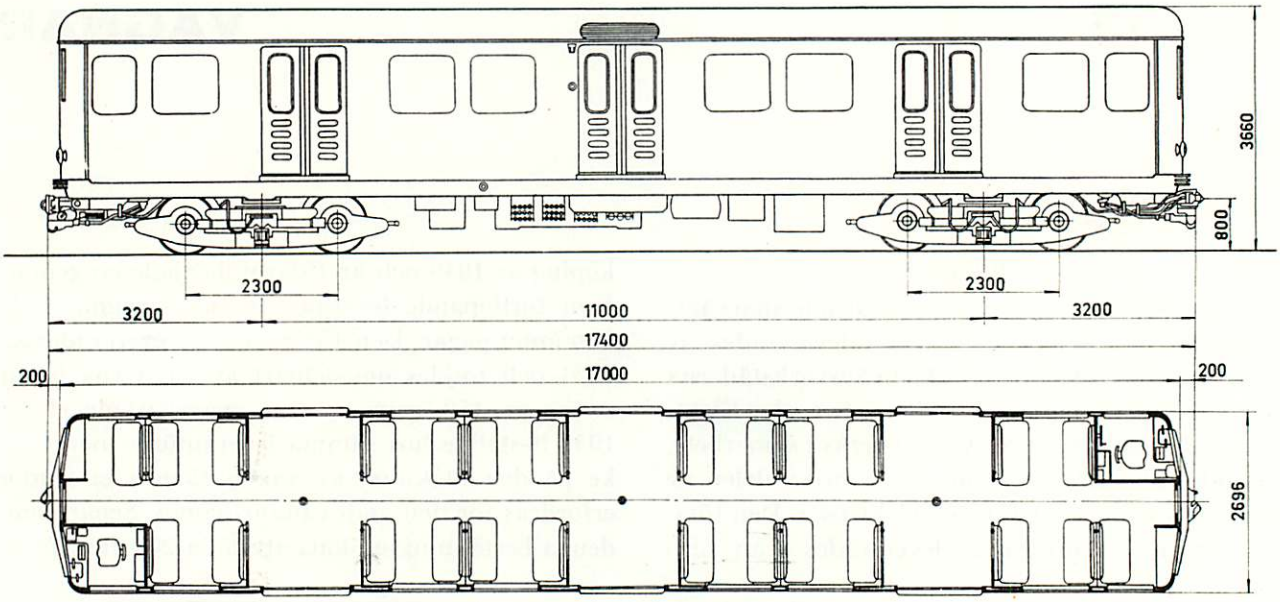


Fig. 15:3. Tunnelvagn typ C 3.

De första 450 vagnarna är av 3 olika typer nämligen C1, C2 och C3, vilkas planlösningar framgår av figurerna 15:1, 15:2 och 15:3.

Typ	C1	19 st,	varav	10	har	hyttsignalutr.
„	C2	346 „	„	345	„	„
„	C3	85 „	„	ingen	„	„

Samtliga vagnar med hyttsignalutrustning kan användas som förarvagnar och tågvaktsvagnar. De C1- och C2-vagnar, som saknar hyttsignaler, kan användas som tågvaktsvagnar men ej förarvagnar. C3-vagnarna, vilka saknar tågvaktsutrustning, är utrustade med förarplatsutrustning enbart för rangeringskörning. De kan alltså ej användas som förar- eller tågvaktsvagnar.

Då vagnar av typ C1 och C2 är utförligt beskrivna i den år 1957 utgivna tekniska beskrivningen av Stockholms tunnelbana och då C3-vagnarna med undantag för ändhytterna och intilliggande delar av vagnarna är lika C2-vagnarna hänvisas i övrigt i fråga om dessa vagnar till denna beskrivning.

TYP C4

De 200 vagnarna som beställts med tanke på andra tunnelbanan har fått typbeteckningen C4. Vid projekteringen av dessa vagnar hade man att bestämma, om de skulle göras samkörbara med de tidigare 450 vagnarna. Samkörbarhet skulle givetvis ha många fördelar. Ett slopande av samkörbarheten skulle dock medföra den fördelen att man vid val av driv- och manöverutrustningar, bromsutrustningar och andra slag av utrustningar för C4-vagnarna inte skulle vara bunden av att välja samma typer som i de första 450 vagnarna eller med dessa typer samkörbara utrustningar. Under den tid som C1-, C2- och C3-vagnarna tillverkades, hade många nykonstruktioner gjorts i fråga om tunnelvagnsutrustningar. Det ansågs dock icke att dessa konstruktioner var sådana att ett införande av dem på C4-vagnarna till priset av förlorad samkörbarhet skulle kunna motiveras. Det beslöts alltså, att de nya vagnarna skulle göras samkörbara med de gamla.

Vid diskussioner om de nya vagnarnas huvudmått togs i första hand upp frågan om vagnlängden. För C1-, C2- och C3-vagnarna gäller, att på grund av stationsplattformarnas längd (145 m) kan ett tunnelvagnståg bestå av högst 8 vagnar, varvid tåglängden, mätt över de yttre kopplens stötplan, är 139,2 m. Givetvis kan man tänka sig, att för samma tåglängd tågen, i stället för att bestå av 8 vagnar med längden 17,4 m mätt över kopplens stötplan, kan bestå av flera men kortare vagnar eller färre men längre vagnar. Att göra de nya vagnarna kortare än de gamla ansågs inte medföra några fördelar. Om de nya vagnarna skulle göras längre och om samma maximala tåglängd som tidigare skulle utnyttjas, skulle vagnarna bli minst omkring 20 m långa. Så långa vagnar skulle dock svårligen kunna skötas i Hammarby-, Spånga- och Högdalshallarna, varför man skulle vara bunden av att sådana vagnar skulle kunna få översyn endast i den vagnhall, som avsågs att byggas för andra tunnelbanan. Om 20 m långa vagnar byggdes med samma bredd som de äldre vagnarna, skulle dessa längre vagnar under uppehåll vid konvext kurvade plattformskanter komma alltför nära plattformarna

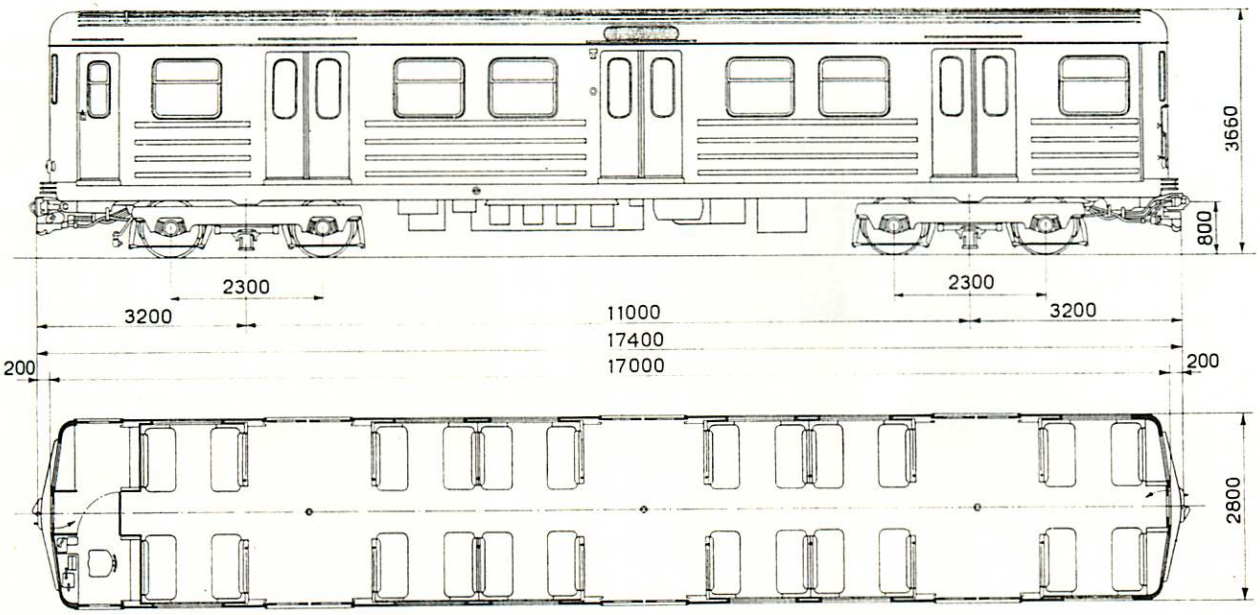


Fig. 15:4. Tunnelvagn typ C 4.

vid vagnmitt och alltför långt ifrån vid vagnändarna. För konkavt kurvade plattformskanter skulle det motsatta bli följden. Även av andra skäl beslöt man att bygga de nya vagnarna med samma längd som de gamla.

I fråga om vagnbredden beslöts att göra vagnarna så breda som det är möjligt med tanke på last- och konstruktionsprofilen. Detta innebär, att vagnbredden, mätt över vagnsidorna, är för C4 samma bredd som vagnbredden mätt över trösklarna på de äldre vagnarna. Detta medförde, att vagnarnas långväggar, för att ej skjuta utanför last- och konstruktionsprofilen, upptill måste luta in mot vagnen. Denna profil ändrades dock senare, varigenom det blev möjligt att utföra långväggarna helt vertikala. För C4-vagnarna behöll man de äldre vagnarnas höjdmått, boggicentrumavstånd och axelavstånd.

För att ge C4-vagnarna stor kapacitet beslöt man att förse vagnarna med förarhytt endast i ena änden. Vagnarnas planlösning och huvudmått framgår av fig. 15:4. Som synes är måtten i vagnens längdriktning i fråga om förarhytt och passagerarplattformar något längre än motsvarande mått på de äldre vagnarna. Största antalet passagerare är för C4-vagnen 156. För C2-vagnen är motsvarande siffra 146.

I samband med anskaffningen av C4-vagnarna betonades starkt från spårvägsbolagets sida önskvärdheten av att vagnarna skulle bli så lätta som möjligt, dock utan att säkerhet, hållfasthet och livslängd eftersattes och utan att underhålls- och reparationsarbeten fördyrades och komplicerades.

Medelvikten för en tom C4-vagn med hålaxlar och oslitna helhjul är 23,3 ton. För C1- ,C2- och C3-vagnarna är medelvikten 30,0 ton. Viktskillnaden är som synes betydande. Denna viktminskning har man lyckats åstadkomma bland annat därigenom, att man i C4-vagnarna använder mera högvärdiga stålsorter än som är fallet i C1-, C2- och C3-vagnarna. I dessa äldre vagnar användes i såväl vagnkorgar som boggier stål 1311, under det att i C4-vagnarna använder man i boggierna huvudsakligen Colduct-stål och i vagnkorgarna huvudsakligen Cor-Ten-stål. I stället för Colduct- och Cor-Ten-stål kan likvärdiga stålsorter tänkas komma till användning i ännu icke levererade vagnar. Cor-Ten-stålets förmåga att bättre än vanliga konstruktionsstål motstå rostangrepp har även bidragit till att det valts för vagnkorgarna.

I det följande lämnas huvuddata för C4-vagnen och uppgifter angående dennas huvuddelar, varvid uppgifterna huvudsakligen avser de fall i vilka C4-vagnen skiljer sig från C1-, C2- och C3-vagnarna.

1. *Huvuddata*

Längd över kopplens stötplan	17,40 m
Längd över gavelväggar	17,00 m
Bredd över korgsidor	2,80 m
Total höjd över r.ö.k. mätt över vattenavvisarlist vid olastad vagn med oslitna hjul	3,72 m
Golvhöjd från r.ö.k. vid olastad vagn med oslitna hjul	1,17 m
Boggicentrumavstånd	11,00 m

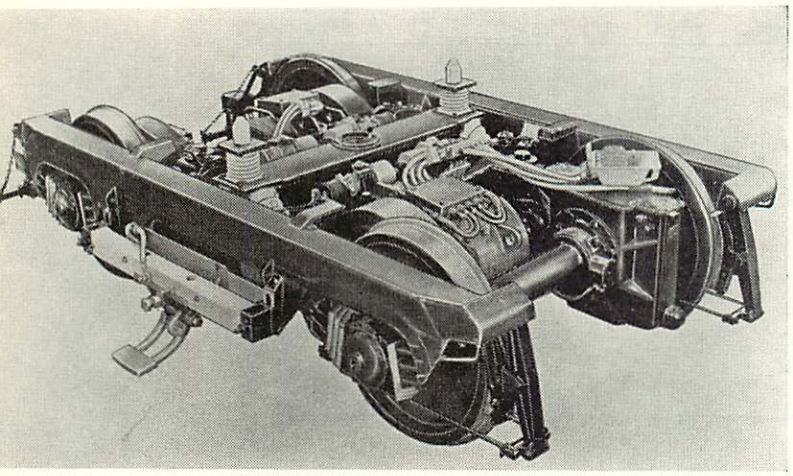


Fig. 15:5. Boggi typ C 4.

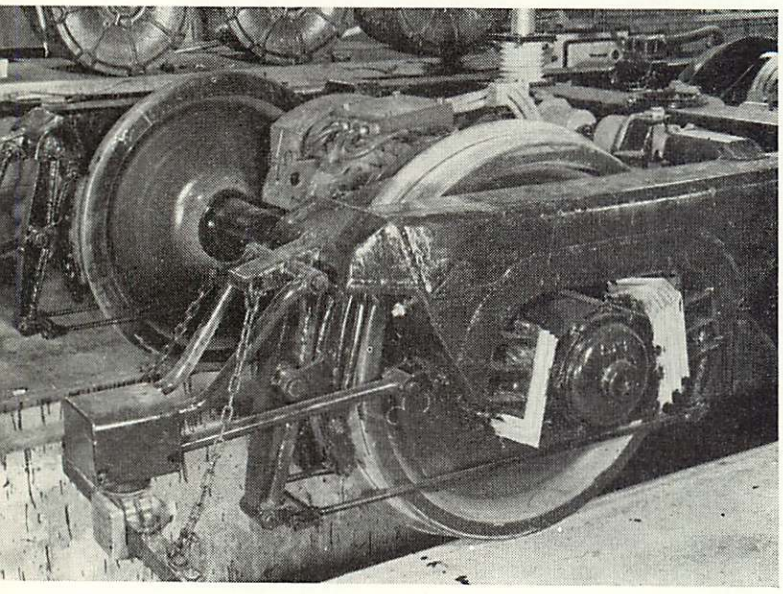
Axelavstånd i boggi	2,30	m
Vikt av tom komplett vagn med oslitna hjul	23,3	ton
Antalet sittplatser	48	
Antal ståplatser	108	
Totala antalet platser	156	
Antal motorer per vagn	4	
Timeffekt per motor vid 600/2 V och 1175 r/m	73,6	kW

2. *Boggier*

C4-vagnarnas boggier är av en helt annan konstruktion än de boggier, som användes för C1-, C2- och C3-vagnarna. C4-boggins ramverk, vilket är svetsat, vilar på gummifjädrar, som parvis ligger an mot lagerboxarna. I ramverket vilar vaggbalken på gummifjädrar. Genom en centrumstyrning i boggiernas vaggbalkar är dessa förbundna med vagnkorgen. Korgen uppbäres av sidobärfjädrar av gummi på vaggbalkarnas ytterändar. Beträffande driv- och bromsutrustningar i boggierna hänvisas till beskrivningen av dessa utrustningar i det följande. En komplett C4-boggi väger omkring 5,4 ton under det att en boggi för C1-, C2- och C3-vagnarna väger omkring 7,5 ton.

Av C1-, C2- och C3-vagnarna levererades de äldsta med hjul med påkrympta ringar. På senare vagnar användes lätta helhjul. Införandet av helhjul medförde en viktminskning av omkring 800 kg per vagn. De 87 första C4-vagnarna är avsedda att användas med helhjul. För de följande 63 har beställts gummiavfjädrade hjul av monobloc-typ och av Svenska Aktiebolaget Bromsregulators (SAB) konstruktion. SAB-hjulen är avsevärt tyngre och dyrare än helhjulen men ger en tystare och mjukare gång och mindre slitage på spåret. En vagn med SAB-hjul väger omkring 1 ton mer än en vagn med helhjul. Det är ännu ej bestämt, vilken hjultyp de sista 50 C4-vagnarna skall ha. De 25 första C4-vagnarna är utrustade med massiva hjulaxlar. För de följande C4-vagnarna har beställts hålaxlar, vilket innebär en viktminskning av omkring 300 kg per vagn. C4-vagnarnas lagerboxar är utförda i segjärn, de äldre vagnarnas däremot i gjutstål.

Fig. 15:6. C 4-boggi, detaljbild.



3. *Vagnkorg*

C4-vagnarnas korgar tillverkas på samma sätt som de äldre vagnarnas korgar. Detta innebär, att vagnkorgarnas underrede bågsvetsas samt väggfält och tak punktsvetsas. Väggfälten nitas därefter fast mot underrede och tak.

C4-vagnarna har till skillnad mot de äldre vagnarna inte skjutfönsterfickor, eftersom C4-vagnarna har s.k. half-drop-fönster. Detta innebär vissa fördelar, eftersom sådana fickor dels lätt utsättes för rostangrepp, dels inte medger anbringandet av isolerande material under fönstren.

I de äldre vagnarna är samtliga ytterdörrar ståldörrar. I C4-vagnarna är ytterdörrarna byggda i "honeycomb-konstruktion". Yttermaterialet utgöres av legerad aluminiumplåt och innermaterialet (bikakekonstruktionen) av impregnerad papp.

Stor möda nedlades på att ge C4-vagnarna ett tilltalande utseende både vad exteriör och interiör beträffar (fig. 15:7).

4. *Driv- och manöverutrustning*

Denna utrustning i C4-vagnarna är i huvudsak lik den som finnes i de äldre vagnarna. Vissa ändringar har dock blivit nödvändiga på grund av att C4-vagnarna är utrustade med endast en förarhytt per vagn. Sålunda är nu alla strömställare, säkringsapparater m.m. placerade i en förarhytt. En annan skillnad sammanhänger med att i de nya vagnarna finns inga dubbelkontaktorer utan endast enkelkontaktorer. Detta har medfört, att antalet kopplingssteg kunnat ökas, vilket medfört mjukare start och bromsning samt möjlighet till låg bromsförberedelseström även vid högre hastigheter. För de äldre vagnarna sker start liksom också elektrisk bromsning i 18 steg. För C4-vagnarna sker start i 27 steg. I de 13 första stegen är de fyra motorerna i varje vagn seriekopplade, och i de följande stegen är motorerna seriekopplade två och två i parallella grupper. Till och med läge 22 används full magnetisering. Därefter sker shuntning i 5 steg ned till 37 % magnetisering (45 % i de äldre vagnarna). Vid motståndsbromsning används 25 steg.

Drivutrustningen i C4-boggierna är lik den i boggierna för C1-, C2- och C3-vagnar. Motorerna är desamma. Materialet i kuggväxelhus och tandkopplingskåpor är segjärn. I de äldre vagnarna används gjutstål för dessa detaljer. Kuggväxlarnas utväxling är för C4-vagnar 6,3 och för de äldre vagnarna 7,235.

De äldre vagnarnas strömgränsrelä och bromsförberedelserelä har i de nya vagnarna sammanförts till ett enda relä. Det innehåller en strömspole i vardera branschen i motorkretsen. Härigenom får man en bättre och säkrare uppkoppling, exempelvis vid slirigt väglag. På det gamla bromsförberedelsereläts plats sitter ett relä, som tjänstgör som hastighetsvakt. Relät är så inkopplat att det vid en viss inställbar hastighet driver shuntkontrollern från läge "Svagt fält" till läge "Fullt fält". Härigenom sjunker motorströmmen till cirka 1/3 och vagnens acceleration minskar i motsvarande grad. Genom denna anordning kan man kontrollera, att vagnar typ C4 icke uppnår högre sluthastighet än vagnar typ C2, vilket de annars skulle göra, eftersom man gjort vagnarna lättare och utrustat dem med växlar och en shuntningsgrad, som vidmakthåller en högre acceleration efter avslutad uppkoppling än för vagnar C1—C3. Fig. 15:9 vistar startförloppet för en C4-vagn.

Fig. 15:7. C 4-vagn, interiör.

5. *Bromsutrustning*

Bromsutrustningen är, liksom i de äldre vagnarna, av Westinghouse Air Brake Company's konstruktion. Bromssystemet omfattar elektrisk motståndsbroms och tryckluftbroms. Vid driftbromsning utföres bromsarbetet ned till en hastighet av 5 km/h huvudsakligen av motståndsbromsen. När motståndsbromsens verkan avtar vid lägre hastigheter än 5 km/h ökas automatiskt tryckluftbromsens verkan. Om motståndsbromsen vid högre hastigheter på grund av något fel ej skulle verka, ansättes tryckluftbromsen med fullt tryck.

Ju lättare vagnarna göres, desto större blir vid en icke lastberoende driftbroms skillnaden mellan bromssträckor för tom vagn och fullastad vagn. För att undvika denna nackdel har på C4-vagnarna motståndsbromsen gjorts lastberoende och avsikten är att även tryckluftbromsen, som i nyss nämnda fall ersätter motståndsbromsen, skall göras lastberoende. Vid nödbromsning användes i C4-vagnarna, liksom i C1-, C2- och C3-vagnarna enbart tryckluftbromsen, som då är lastberoende.

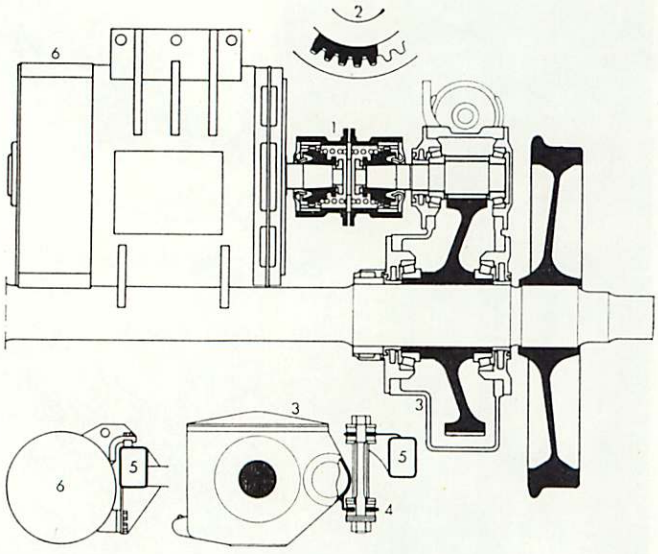


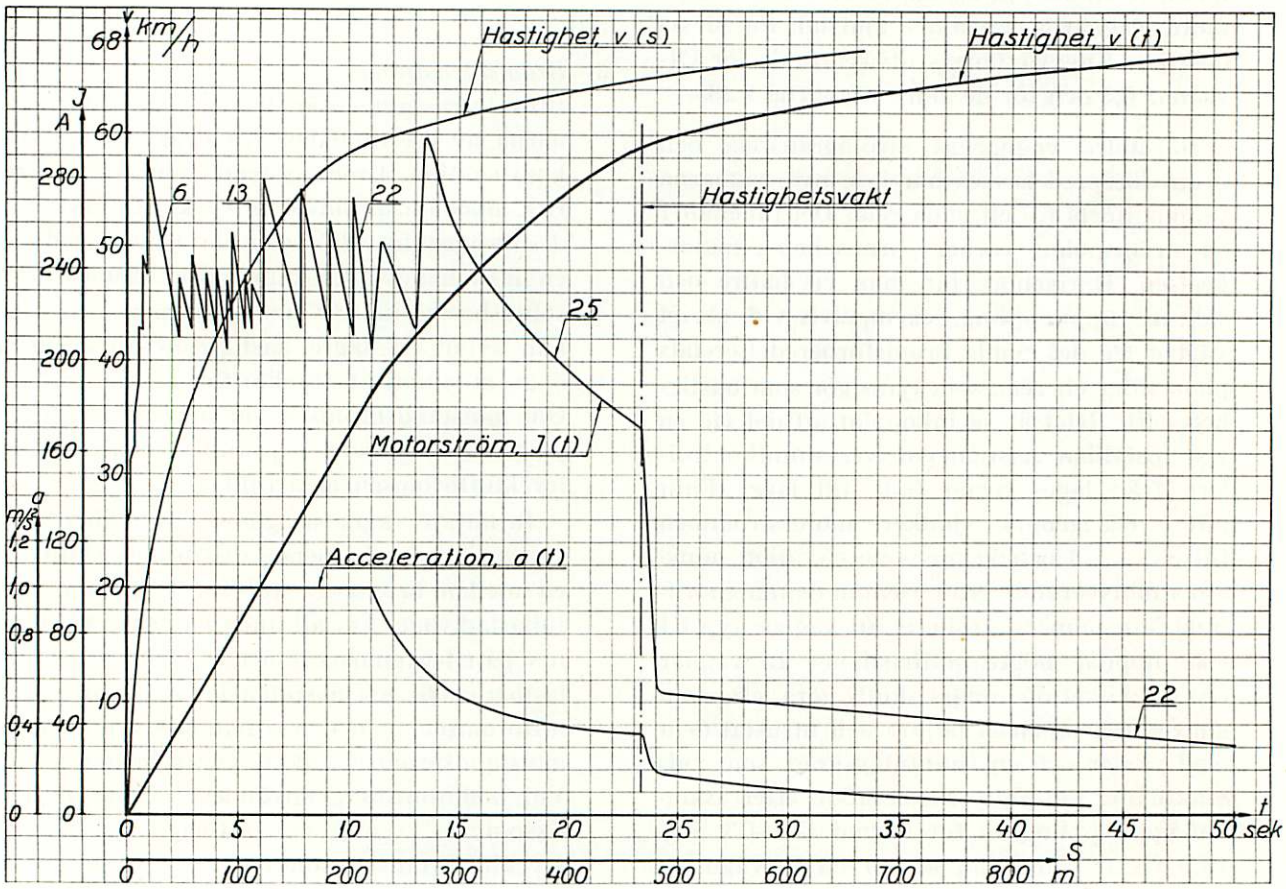
Fig. 15:8. Drivutrustning i C 4-boggi. 1. Koppling. 2. Koppling, detaljbild. 3. Växelhus. 4. Reaktionsstag. 5. Boggiramverk. 6. Motor.

För de 200 första köptes samtliga bromsutrustningsdetaljer, utom bromsblock och vissa av ASJ tillverkade bromsdetaljer i boggierna, från Westinghouse Air Brake Company. För de därpå följande 250 vagnarna tillverkades vissa enklare bromsutrustningsdetaljer, såsom behållare, stativ för kompressoraggregat och slangar, i Sverige. För C4-vagnar tillverkas ännu fler detaljer i Sverige, bland annat bromscylindrar med inbyggda bromsregulatorer, som är billigare, lättare och enklare än motsvarande Westinghouse-detaljer. För C4-vagnarna har införts tyska kulkikkranar försedda med gummitätning, vilka blir billigare i underhåll än de kikkranar av vanlig modell som användes på de första 450 vagnarna. Bild 15:10 visar bromsförloppet vid driftbromsning av en C4-vagn.

6. *Koppel*

C4-vagnarna har liksom de 450 första vagnarna koppel av Westinghouse's konstruktion. De är licenstillverkade i Sverige. Kohlswa Jernverks AB gör den mekaniska delen av kopplen och AB Hägglund & Söner gör den elektriska. Kohlswa har lyckats att genom en mindre omkonstruktion göra koppelhuvudet i den mekaniska delen omkring 14 kg lättare än i det ursprungliga utförandet utan att kraven på koppelhuvudets hållfasthet sänkts.

Fig. 15:9. C 4-vagn, startförlopp.



7. *Värme- och ventilationsutrustning*
Denna utrustning är i huvudsak av samma typ som finns i C1-, C2- och C3-vagnar. Ventilationsluften blåses i dessa äldre vagnar in i kupén genom ett perforerat tak och genom öppningar vid golvet. I C4-vagnarna sker inblåsningen endast genom öppningar vid golvet. C4-vagnarna har en något annorlunda termostatutrustning än de äldre vagnarna.

8. *Övrig utrustning*
C4-vagnarna har samma typ av dörrmanöver- och klarsignalutrustning som de äldre vagnarna. Detsamma gäller i fråga om belysning och hyttsignalutrustning samt i princip i fråga om högtalarutrustningen, vilken dock moderniserats genom övergång från elektronrörsförstärkare till transistorförstärkare.

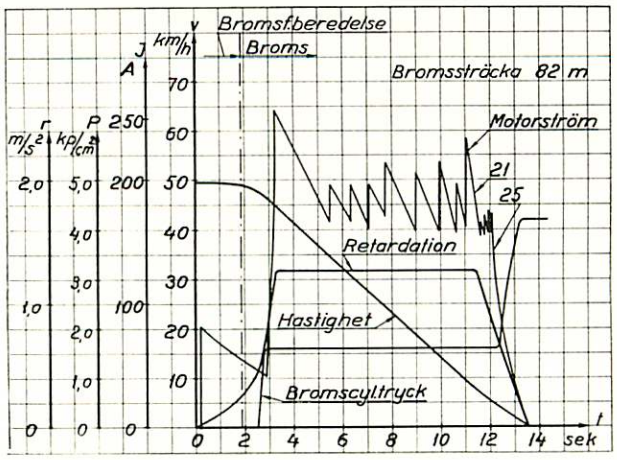


Fig. 15:10. C4-vagn, bromsförlopp vid driftbromsning.

TYP C5
År 1959 beställde spårvägsbolaget från AB Hägglund & Söner ett provtåg om 8 vagnar. De skall bli helt samkörbara med de av ASJ—ASEA levererade vagnarna (C1—C4) och har fått typbeteckningen C5. De skall ha samma planlösning och huvudmått och samma typ av bromsutrustning (Westinghouse) som C4-vagnarna och de har beräknats få en mycket låg vikt, endast 20 ton. De beräknas bli slutlevererade under 1964.

Avsikten med att anskaffa dessa vagnar var att man ville prova en vagntyp, som i fråga om såväl boggier och vagnkorg som utrustningar i dessa skiljer sig väsentligt från motsvarande delar i vagnar av typ C1—C4. I följande uppgifter om C5-vagnarna omnämnes särskilt de fall där de skiljer sig från C4-vagnarna.

1. *Boggier och bromsutrustning*
Boggierna utföres med helhjul och hålaxlar. Boggiramverk av sedvanlig typ finnes ej. Lagerboxarna, av legerat aluminium, innehåller var och en ett sfäriskt SKF-rullager. De båda boxarna på varje boggis ena sida är förenade med varandra med en längsgående balk (distansbalk), vilken griper om en gummiring, som är monterad kring varje lagerbox. Till varje sådan balk är svetsad den ena änden av en tvärgående balk, vars andra ända vilar på en gummifjäder på den andra distansbalken. På varje tvärbalk är motorn för intilliggande hjulpar monterad.

Ungefär mitt på varje distansbalk står en fjäderstötta. I varje fjäderstötta ingår två spiralfjädrar. Vagnkorgen vilar på 4 luftfjädrar, som i sin tur vilar på boggiernas fjäderstöttor. Luftfjädrarna, av rullbälgtyp, beräknas dels ge en mycket god fjädring, dels medföra fördelen att vagnkorgens höjd över r.ö.k. är oberoende av vagnens last. Detta senare innebär att avståndet i höjdled blir detsamma mellan stationsplattform och vagngolv antingen vagnen är tom eller lastad. Vagnkorgarnas centrumtappar är lagrade i varje boggi i ett centrumlager, som är förankrat i boggin med gummilagrade stag.

I C5-boggierna sitter de bägge bromsblocken vid varje hjul på samma sida om hjulet under det att de i C4 är placerade på var sin sida om hjulet. Från början avsåg man att utrusta vagnarna med skivbromsar i kombination med en svag blockbroms. Denna blockbroms skulle hålla hjulbanorna så rena, att det elektriska övergångsmotståndet mellan skena och hjul inte skulle uppgå till sådana värden som är för höga med tanke på hyttsignalsystemet. Vid en senare i detalj gående jämförelse mellan skivbroms med putsblock och vanlig blockbroms kom man dock till det resultatet att vanlig blockbroms av flera skäl var att föredra.

2. *Vagnkorg*
Underredet i C5-vagnkorgarna är liksom C4-underredet utfört som en svetsad stålkonstruktion, uppbyggd av två långbalkar med mellanliggande tvärbalkar, vilkas ändar är fastsvetsade mot långbalkarna. Av tvärbalkarna är ändbalkarna och centrumbalkarna de

största, vilka i varje vagnända, bland annat med tanke på infästning av stöt- och draginrättning, är förbundna med en i underredets mitt längs vagnen gående lådbalk. Båda vagntyperna är utrustade med ett kollisionsgolv av stål. I C4 ligger detta golv ovanpå underredesbalkarna, i C5 under.

Taket är uppbyggt av plåt på tvärgående och längsgående profiler, som är nitade eller limmade mot plåten. Materialet i takets plåt och profiler är legerat aluminium.

Vagnkorgens väggar är utförda av stålplåt med utanpåliggande stålprofiler, som är förbundna med plåten genom punktsvetsning. Utanpå dessa profiler är fastnitad plåt av legerat aluminium. Väggarna är nitade mot underrede och tak. De stålsorter som används i underrede och väggar är desamma som i C4.

Avsikten är att vagnkorgens utvändiga aluminiumytor med undantag för märkning i stort sett inte skall målas.

3. *Driv- och manöverutrustning*
Denna utrustning skiljer sig från C4-vagnarnas därigenom att motorströmmen regleras genom ett s.k. kampådrag. Antalet startsteg är 29 och bromsstegen 21. Kampådraget är av General Electric Company's fabrikat medan motorer och omformare är tillverkade av AB Hägglund & Söner. C5-motorerna är avsevärt lättare än C4-motorerna och de är beräknade för en timeffekt vid 600/2 V av 60 kW.

4. *Värme- och ventilationsutrustning*
Denna utrustning arbetar i stort sett efter samma princip som motsvarande utrustning i C4-vagnarna. I dessa vagnar blåser fläkten i varje vagn in en luftmängd, som är oberoende av antalet passagerare. I C5 avpassas däremot luftmängden efter antalet passagerare genom att en i luftfjädersystemet ingående torsionsbygel påverkar ett spjäll i ventilationsanläggningen.

5. *Dörrmanöver- och klarsignalutrustning*
I vagnarna C1—C4 användes dörrmanöver- och klarsignalutrustningar, tillverkade av det engelska företaget G. D. Peters & Co. Ltd. I C5-vagnarna kommer Peters' utrustningar att användas med det undantaget att dörrmaskinerna levereras av den tyska firman Knorr. Knorr-maskinerna ligger ovanför dörrarna, under det att Peters-maskinerna är monterade på golvet i soffstommarna.

Kap 16 VAGNHALLAR OCH VAGNVERKSTAD

I anslutning till utbyggnaden av det första tunnelbanesystemet uppfördes tre nyanläggningar för underhåll av tunnelvagnar, nämligen en verkstad i Hammarby 1952 samt två vagnhallar, Spångahallen 1952 och Högdalshallen 1957—1958. Det första tunnelbanesystemet disponerar dessutom halva den redan år 1947 uppförda Hammarbyhallen.

Hammarbyverkstaden är gemensam för bolagets hela spårbundna vagnpark och genom spårvägstrafikens avveckling kommer dess kapacitet att vara tillräcklig för att klara verkstadsunderhållet av den ökade tunnelvagnspark som blir en följd av utbyggnaden av andra tunnelbanan. Däremot är de nämnda hallanläggningarna för första tunnelbanesystemet helt fullbelagda. För översyn och uppställning av de vagnar som hör till andra tunnelbanesystemet har därför uppförts en ny hall, Nybodahallen.

VAGNHALLAR

Första och andra tunnelbanan fordrar i slutet av 60-talet — d. v. s. då deras linjer får ändstationerna Hässelby Strand, Bagarmossen, Farsta Gård, Hagsätra, Ropsten, Fruängen och Vårberg — en vagnpark av c:a 700 vagnar. Härav beräknas första tunnelbanan kräva ca 470 vagnar, varav 210 stationeras i Spångahallen, 195 i Högdalshallen och 65 i Hammarbyhallen. Resterande 230 vagnar, som tillhör andra tunnelbanesystemet, blir sålunda stationerade i Nybodahallen.

Nybodahallen är, som framgår av situationsplanen (fig. 16:1), belägen söder om Hägerstensvägen och begränsas dessutom av Södertäljevägen i öster och Bäckvägen i väster. I söder begränsas hallområdet av ett bergsparti. Den nya hallen består av två huvudbyggnader, en skötselhall utefter Hägerstensvägen och en uppställningshall för 96 vagnar, som ligger intill och är sammanbyggd med den på området tidigare befintliga hallanläggningen för bussar och spårvagnar. Av denna halls uppställningshall användes också fyra spår för uppställning av 30 tunnelvagnar. I berget söder om uppställningshallen finns dessutom en trespårs- och en tvåspårstunnel, som rymmer 48 resp. 32 vagnar. På tre spår i skötselhallsbyggnaden kan dessutom 28 vagnar uppställas.

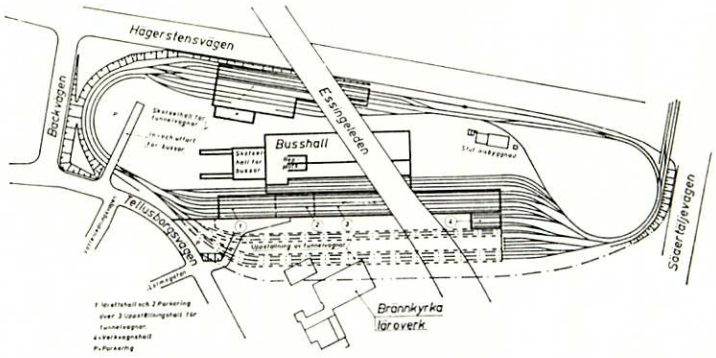


Fig. 16:1. Nybodahallen, situationsplan.

Skötselhallen

Grundprincipen vid utformningen av skötselhallen har varit, att hallens planlösning skall anpassas till de olika arbeten som skall utföras där, nämligen Översyn 1, Översyn 2 och reparationsarbeten. Översyn 1, d. v. s. det städnings- och kontrollarbete, som utförs varannan dag, disponerar det genomgående spår i skötselhallen som ligger närmast Hägerstensvägen. Spåret har plats för ett helt 8-vagnarståg. Vid passage in till översynsspåret körs tåget genom en automatisk tvättmaskin med roterande borstar, i vilken vagnarnas sidor och tak tvättas. Vagngavlarna tvättas manuellt och vid varje vagnsände finnes därför utefter hela översynsspåret spoluttag och spolborstar. Översynsspåret är också utrustat för kontroll av hyttsignalutrustningen. För kontrollen, som till största delen görs automatiskt, kopplas vagnens hyttsignalutrustning ihop med kontrollapparaturen, som inrymms i ett rum i hallens källarvåning. Denna hopkoppling görs så att en intill varje vagnsände nerhängande 5-polig stickkontakt ansluts till hyttsignaltablåns översida i vagnens förarhytt.

Översyn 2, som äger rum med intervall av 6.000 km, görs på det andra genomgående spåret

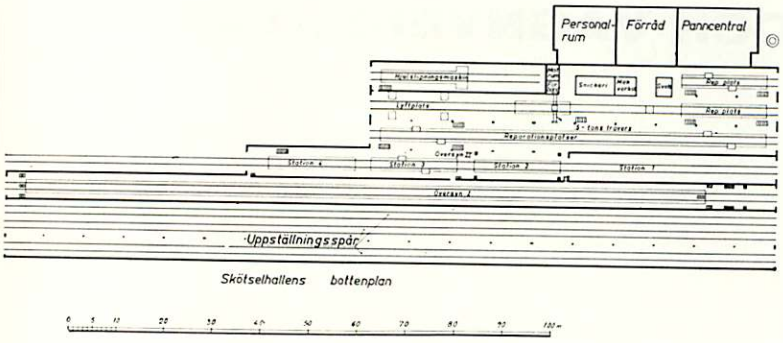


Fig. 16:2. Nybodahallen, skötselhallens bottenplan.

i skötselhallen. Arbetet utföres i ett taktsystem och vid vagnens passage genom hallen får den på tre skötselstationer olika typer av översyn. På den första skötselstationen, som även tjänstgör som infartssluss, rengörs vagnen noggrant in- och utvändigt. Den andra skötselstationen är utrustad för mekanisk och elektrisk inspektion. För att underlätta arbetet på denna station är golvhöjden utanför vagnsidorna så anpassad att den medger en bekväm arbetsställning för inspektion på bl. a. strömavtagare, kontaktorer, reläutrustning m. m. På tredje skötselstationen smörjes vagnen och arbetsplatsen är därför utrustad bl. a. med en modern högtryckssmörjanläggning. Efter de egentliga tre skötselstationerna kommer en fjärde arbetstakt, där mindre fel, som upptäcks under översynsarbetets gång, kan rättas till innan vagnen förs ut ur skötselhallen. Vagnarna transporteras mellan de olika skötselstationerna med hjälp av en rullkedjetransportör, som monterats omedelbart innanför den ena rälen. Till transportören kopplas vagnen i sin bakre boggi med speciellt utformade koppelkedjor.

För att det elektriska inspektionsarbetet skall kunna utföras måste tunnelvagnen matas med driftspänning, d. v. s. 700 volt likström. Detta görs med hjälp av från taket nedhängande matarkablar anslutna till en kontakt vid vagnens huvudfrånskiljare. Kablarna är rörliga utmed vagnsidorna och strömtillförseln i taket går via en luftledning och en speciellt konstruerad strömavtagarvagn.

Utöver de två genomgående översynsspåren finns i skötselhallen sex arbetsplatser med arbetsgrop för reparation av olika slags vagnfel. I en lokal, som med mellanväggar avskiljts från skötselhallen, finns en hjulslipningsmaskin installerad i en arbetsgrop. Skötselhallen är också utrustad med en mindre mekanisk verkstad med diverse arbetsmaskiner och en avskild svetsplats. Ett förråd för reservdelar och verktyg ingår också. Detta är förlagt i en till skötselhallen ansluten byggnadskropp, som uppföres i två plan. I denna byggnad är även en för hela hallområdet (busshall + tunnelvagnshall) gemensam värmecentral inrymd. Här finns också personalens tvätt- och omklädningsrum, matrum, elektrisk fördelningscentral, transformatorrum, oljetankrum m. m. Skötselhallen upptar en bebyggd yta av ca 3.500 m².

Beträffande hallanläggningens utrustning kan i övrigt nämnas att de mest utnyttjade bangårdsväxlarna är försedda med elektriska driv. De motordrivna portarna i uppställningshallen har samma utformning som i Spångahallen och Högdalshallen. Impulsen för öppning kommer sålunda automatiskt via en spårledning, som kortslutes när första hjulparet i ett tåg passerar förbi en isolerskarv i rälsen. Uppställningshallens havudsakliga uppgifter är att skydda tunnelvagnarna för väder, vind och kyla och inga egentliga reparationsarbeten utförs i densamma. Byggnadskonstruktionen har därför förenklats så mycket som möjligt. Pelare och takbalkar är utförda av strängbetong medan taket består av siporexplattor liksom fasaderna. I den västligaste delen av hallen har dock konstruktionen gjorts annorlunda för att en idrottshall, som ligger över uppställningshallen, skulle kunna uppföras. Den nya uppställningshallen är 288 m lång och medger uppställning av två hela 8-vagnarståg på vardera av de sex spåren. Som tidigare nämnts uppställs dessutom vagnar i två bergtunnlar och i en del av busshallens uppställningsutrymme.

VAGNVERKSTAD

Läge och storlek

Verkstaden i Hammarby, vars läge framgår av situationsplan (fig. 16:4), är gemensam för både första och andra T-banenäten. Verkstaden har spårförbindelse med trafiknätet genom ett stickspår från stationen Skärmarbrink på Farstabanan.

Verkstadstomtens största längd är ca 500 m, största bredd ca 170 m och tomtytan ca 60.000 m². Bebyggd tomtyta är för själva verkstadsbyggnaden 21.000 m², vartill kommer administrationsbyggnad med personalrestaurang och verkstadskontor 1.200 m², panncentral 500 m² samt en utvändig skjutbordsbana på ca 900 m². Den totala bebyggda markytan är således 23.600 m². Verkstadsbyggnaden med panncentral är uppförd i två plan, administrationsbyggnaden i tre plan. I nordöstra hörnet av verkstadsbygg-

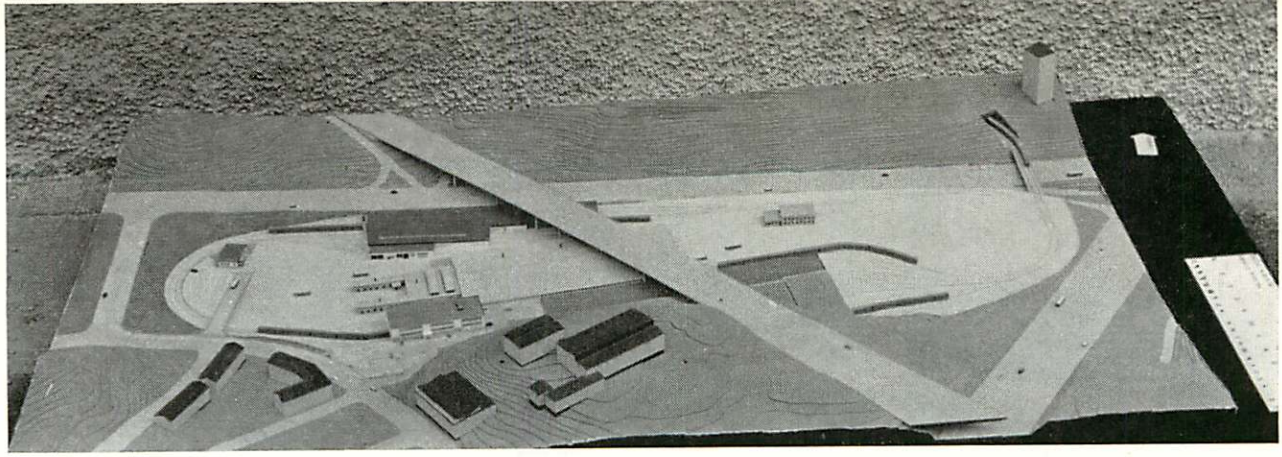


Fig. 16:3. Modellfoto av anläggningen i Nyboda.

naden finns dessutom över verkstadsutrymmet ett kontor för den yttre arbetsledningen för underhåll av bana, signalsystem och strömskena.

Arbetsprinciper

En redogörelse för bottenplanets indelning sker lämpligast i samband med en genomgång av arbetsförloppen där. Den mest omfattande gruppen av arbeten är revisionerna, som direkt eller indirekt sysselsätter ca 50 % av verkstadens personal. På bottenplanen har vagnens, vagnkorgens och boggiernas väg genom verkstaden i samband med revision markerats med olika linjer. Siffrorna markerar de olika takterna i taktsystemet. Från stickspåret vid stationen Skärmarbrink föres den vagn som skall revideras till ett utvändigt skjutbord och traverseras med detta till det ingående spåret för revisioner. Vagnen föres med egna motorer eller med skjutbordets spelmaskineri in på detta spårs första takt, benämnd "Takt 0". På takt 0 insynas vagnen och samtidigt demonteras inuti vagnen, sitsdynor, ryggstöd, soffstommar, väggfyllningar under fönstren, stolpar, belysning och utvändigt skyltar, handtag, fotsteg, strålkastare m. m. De nedtagna detaljerna placeras efter en uppgjord plan på specialbyggda transportvagnar. På denna takt kopplas också boggier och vagnkorg isär.

Vagnen flyttas från takt 0 till takt 1 med hjälp av det på skjutbord 2 anbringade spelmaskineriet. På takt 1 lyftes vagnen med elektriska lyftdomkrafter. Driftsboggierna dras upp på och transporteras med skjutbord 2 till ett samlingsspår för revisionsboggier intill verkstadens västra yttervägg. Från något av uppställningsspåren på båda sidor om skjutbord 2 hämtas verkstadsboggier, som transporteras till takt 1, varefter vagnkorgen sänks ner på dem. Verkstadsboggierna är konstruerade så, att de medger bekväm arbetsställning och god åtkomlighet för utrustningen, som är monterad under vagngolvet.

På takt 1 demonteras ett flertal aggregat inuti och under vagnkorgen, t. ex. koppel och elektriska motstånd. De tyngre aggregaten placeras i specialgjorda transportpallar för transport till resp. detaljverkstäder. Från takt 1 förflyttas vagnen med det på skjutbord 3 befintliga spelmaskineriet till takt 2, som utgörs av en speciell rengöringsbox. Vagnkorgens undersida befrias här från olja och smuts med tempererat högtrycksvatten. Sedan rengöringsarbetet avslutats överförs vagnkorgen med skjutbord 3 till takt 3.

På takt 3 görs allt reparationsarbete på korgstommen liksom även ev. reparationer av koppelstativ m. m. Inuti vagnkorgen påbörjas revisionsarbetet på dörrar, väggfält etc. Vagnkorgen överförs från takt 3 till någon av de båda sprutboxarna, som utgör takt 4. I sprutboxen målas utvändigt tak och korgbotten samt invändigt väggfälten under fönstren m. m. Dessutom sprutas rostskyddsolja i mellanväggar, under trösklar och på andra för rostangrepp svårt utsatta

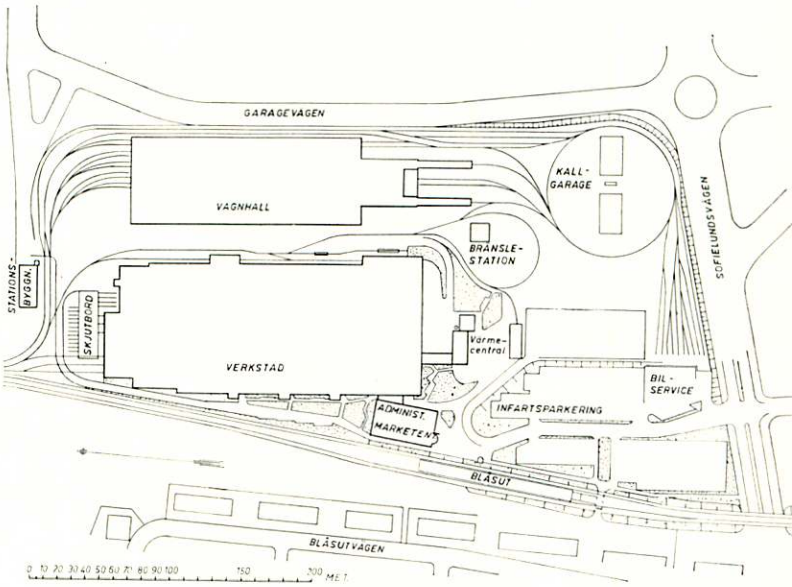


Fig. 16:4. Situationsplan, verkstaden i Hammarby.

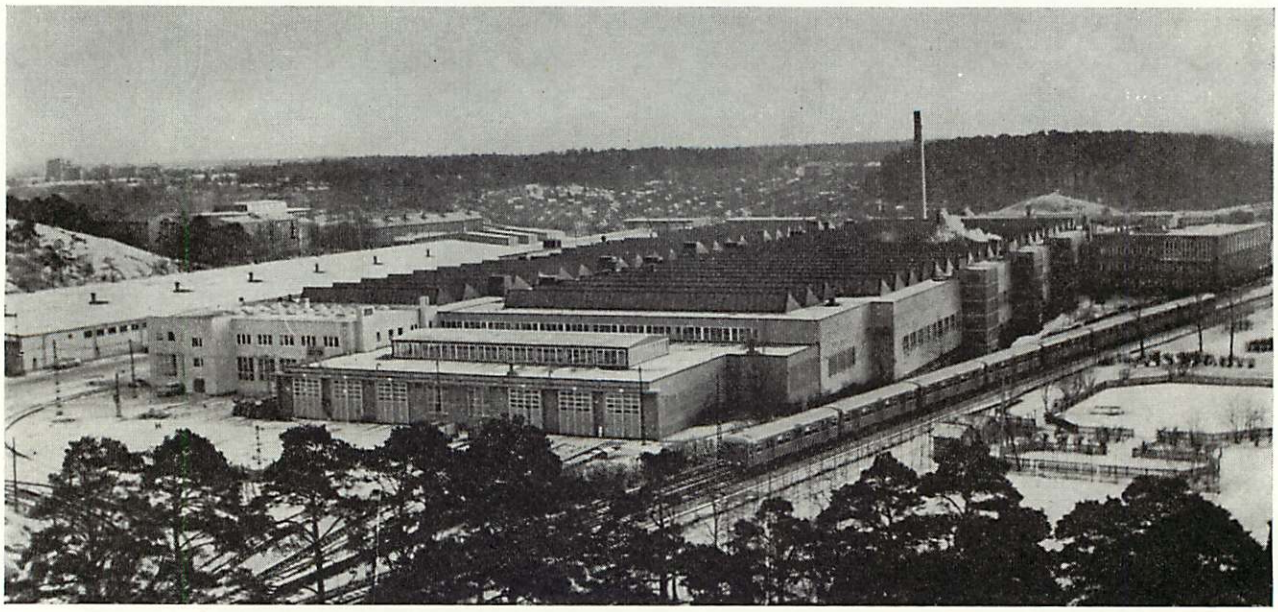


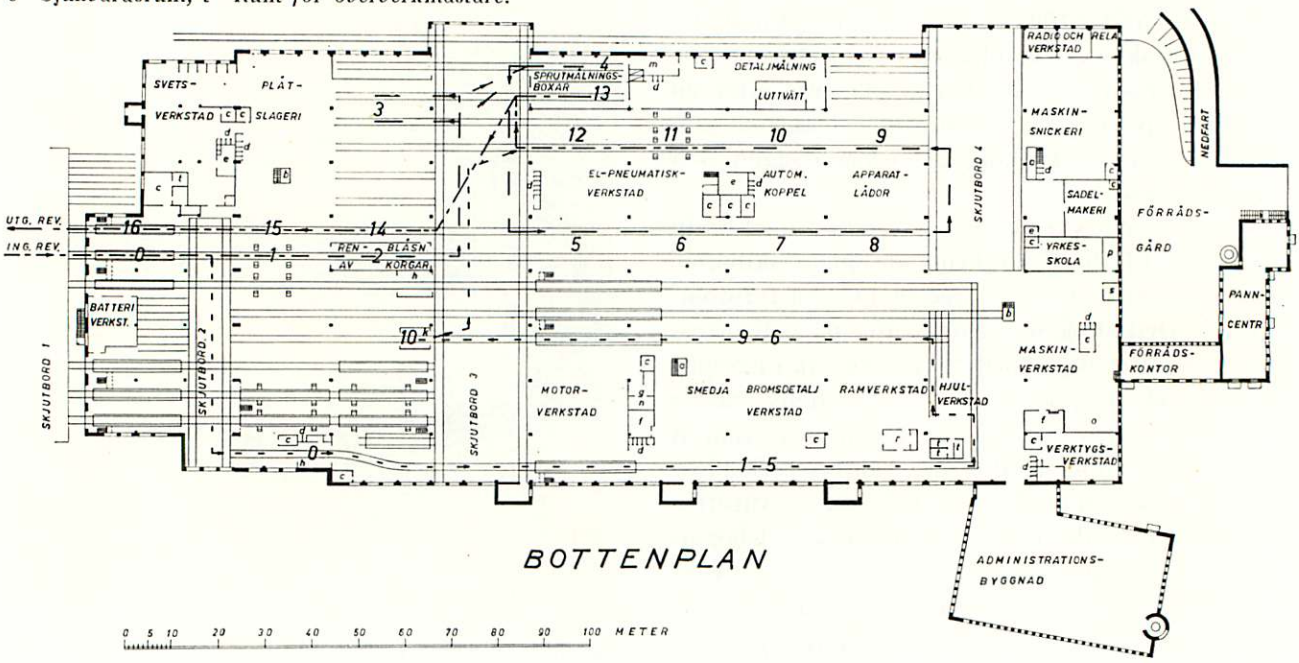
Fig. 16:5. Exteriör av verkstaden i Hammarby.

delar. Målarboxen är utrustad med en arbetsplattform så att man kan gå runt vagnarna och arbeta i takhöjd och på takets böjda del.

Med skjutbord 3 överföres nu vagnkorgen till takt 5. Här isolationsprovas och revideras elektriska ledningar och apparater av olika slag inkopplas. Inuti vagnen påbörjas uppsättningen av väggfyllningar, fönsterlyftare, lister och sparkplåtar. På takt 6 monteras dörrmaskiner och diverse ventiler. Tryckluftsystemet justeras och tätheten provas. Fönstren monteras. På takt 7 monteras bl. a. front- och ändsidodörrar. På takt 8 avslutas montagearbetet och målningsarbetet påbörjas.

Från takt 8 överföres vagnkorgen med skjutbord 4 till takt 9. På denna och följande takt utförs det invändiga målningsarbetet. På takt 11 finns elektriska lyftdomkrafter och här byts verkstadsboggierna ut mot reviderade driftboggier. Medan vagnkorgen är upplyft provas den elektriska utrustningen. Boggibytet utförs som sista operation på denna arbetstakt och kan ej

Fig. 16:6. Bottenplan av verkstaden i Hammarby. a=Hydraulisk hiss, b=Hissöppning, c=Rum för verkmästare, d=Toalett, e=Materialförråd, f=Verktygsutlämning, g=Lindarverkstad och provrum, h=Rengöringsbox för boggi, k=Sprutmålningsbox för boggi, m=Färgförråd, o=Filarverkstad, p=putsrum, r=Rengörings- och sprutmålningsbox för ramar, s=Sjukvårdsrum, t=Rum för öververkmästare.



göras förrän vagnen på takt 12 förts undan. På takt 12 uppsättes även diverse utrustning inuti vagnkorgen, t. ex. soffstommar, högtalare, takluckor, stolpar, dörrar mellan hytt och kupé, utvändiga lister runt dörröppningar. Från takt 12 överförs vagnen för utvändig målning till någon av de båda sprutboxarna, som alltså utgör takt 13. Från sprutboxen överförs vagnen med skjutbord 3 till takt 14 på utgående spåret för revisionsvagnarna. På denna och de två efterföljande arbetstakterna görs den slutliga kompletteringen av vagnen. På takt 16 sammankopplas vagnkorg och boggier och här företas också en slutlig avsyning av vagnen och kontroll av tryckluftsystem.

Det egentliga revisionsarbetet är nu avslutat men för kontroll och inställning av hyttsignalutrustningen överförs vagnen med det utvändiga skjutbordet 1 till ett spår som är särskilt iordninggjort för detta kontrollarbete. Efter ett accelerationsprov på hallbangården provkörs vagnen på linjen.

Revision av boggier

På samma sätt som vagnkorgen passerar boggierna vid gången genom verkstaden ett antal arbetstakter, där detaljer demonteras och monteras. Från lyftplatsen takt 1 på det ingående spåret för revisioner transporteras boggierna med skjutbord 2 till ett uppsamlingsspår längs verkstadens västra yttervägg. Uppsamlingsspåret löper genom en rengöringsbox, där som första arbetsmoment boggierna på samma sätt som vagnkorgen befrias från smuts som fastnat på dem under kanske flera års drift. Innan renspolningen börjar tillser man, att motorernas fläktöppningar täcks med särskilt tillpassade damasker. Efter renspolningen dras boggierna med lufthaspel och skjutbordets spelmaskineri till första demonteringstakten, benämnd takt 1. Under demonteringsspårets första 20 m finnes en arbetsgrop och här demonteras motorer och alla detaljer, för vilka åtkomlighet under boggien erfordras. Under transporten framåt genom verkstaden står boggierna på specialkonstruerade transportband av lamelltyp. Efterhand som boggierna flyttas framåt av transportbandet demonteras bromsutrustning, fjädrar m. m. De demonterade delarna transporteras antingen till en tvättmaskin eller till en sandblästringsanläggning för rengöring. Efter rengöringen transporteras delarna till ramverkstaden. Hjulen rullas fram till hjulverkstaden.

Medan hjulen, om så erfordras, förses med nya hjulringar och svarvas i hjulverkstaden, re-

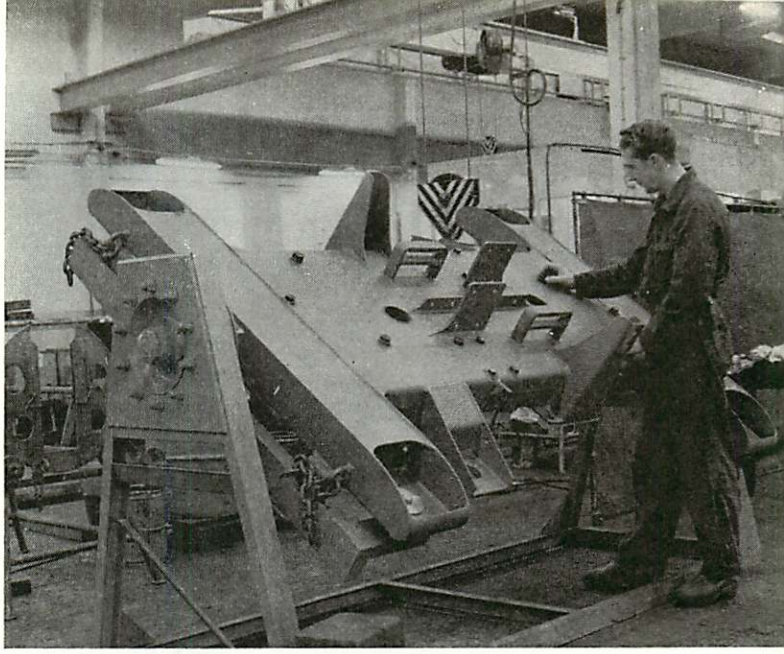


Fig. 16:7. Jigg för revision av boggiens H-balk.

videras, repareras och målas de olika detaljerna som ingår i boggiramkonstruktionen. Montaget av boggien görs sedan på ett monteringsspår försett med samma typ av transportband som demonteringsspåret. På takt 9 företas det slutliga montaget av boggien. Här monteras bl. a. motorer och kablar. Till sist påfylles kuggväxellådan med olja och jordförbindningarna m. m. monteras, varefter en slutlig avsyning sker. Från takt 9 överföres boggierna till

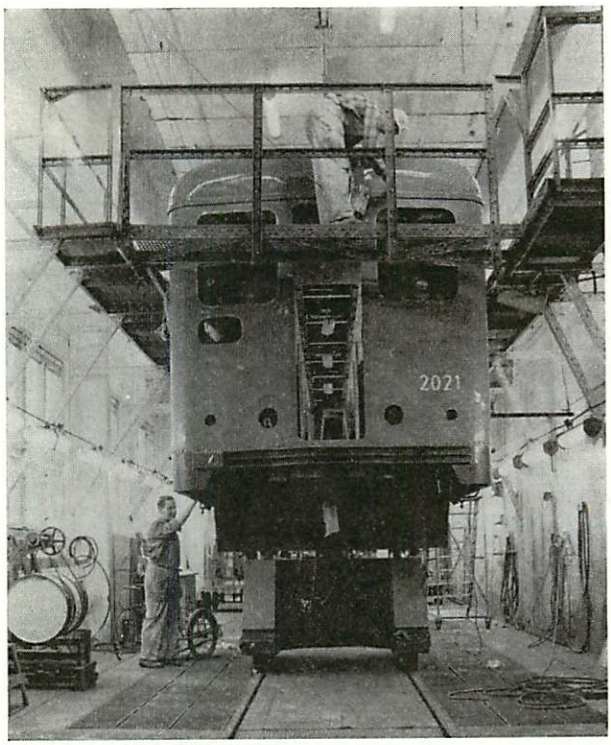


Fig. 16:8. Sprutmålningsbox för vagnkorg.

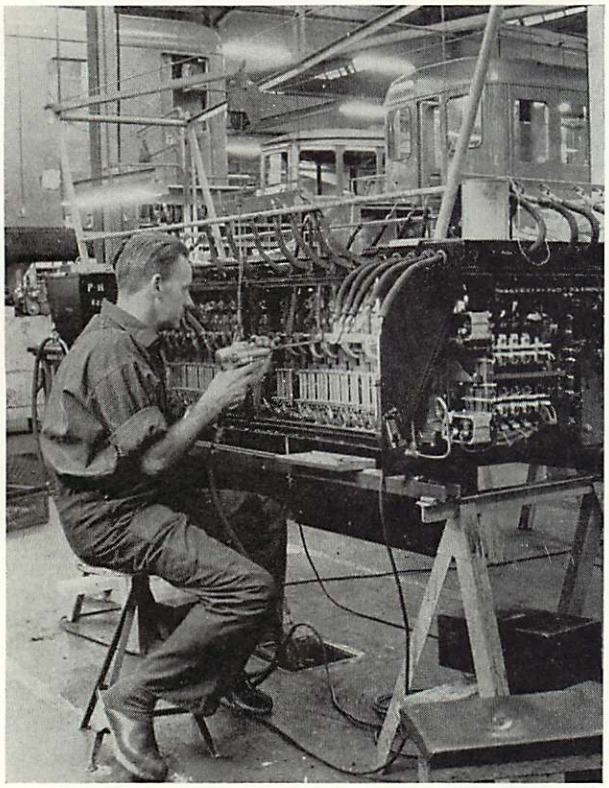
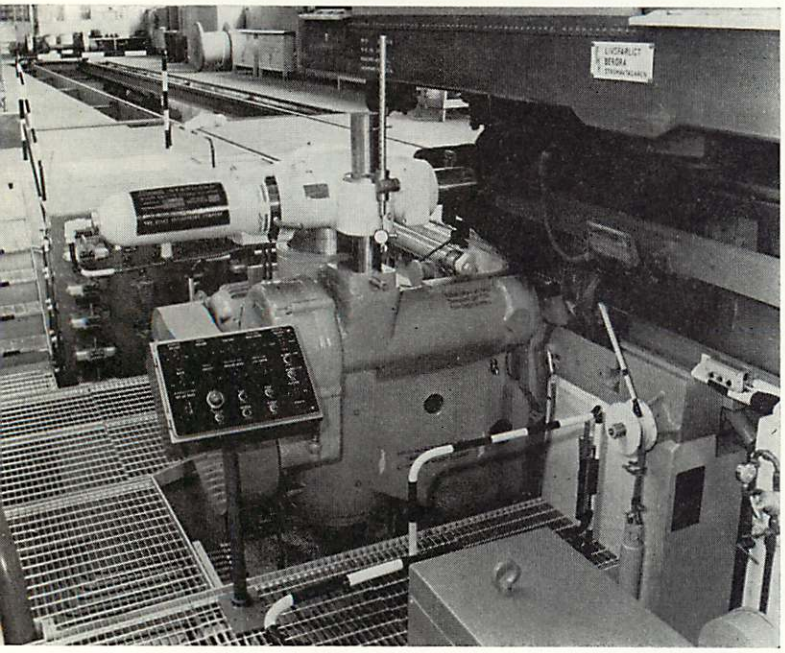


Fig. 16:9. Arbetsplats för revision av utrustning i kontaktor- och apparatlåda.

en målarbox norr om skjutbord 3, som sålunda utgör takt 10. Från takt 10 föres boggien fram till något av uppställningsspåren på båda sidor om skjutbord 2 i avvaktan på sammankopplingen med vagnkorgen.

Fig. 16:10. I en ny specialkonstruerad hjulfräsmaskin, som finnes i Spångahallen återställes mycket snabbt "normalprofilen" på nedslitna tunnelvagnshjul, utan att hjulen behöva demonteras från vagnen.



Reparations- och ombyggnadsarbeten

Reparations- och ombyggnadsarbeten på trafik och verkvagnar kan utföras på 13 olika platser i verkstaden. Förutom de mellan demonterings- och monteringsspåren för vagnkorg och boggi liggande revisionsverkstäderna för olika detaljer, finnes följande hjälpverkstäder, vilkas placering framgår av bottenplan: batteriverkstad, sadelmakeri, plåtslageri, detaljmålningsverkstad, radio- och reläverkstad, maskinsnickeri, maskinverkstad och verktygsavdelning.

Förrådet

Av den totala ytan i källarplanet 19.000 m² disponerar förrådsrörelsen ca 13.000 m². I förrådet lagerförs ca 30.000 olika detaljer och det totala värdet av där upplagd material uppgår till c:a 9 milj. kronor. Förbindelsen utifrån till förrådet sker mellan hall- och verkstadsbyggnaderna med nedfart till en förrådsgård, som ligger på sådan höjd i förhållande till förrådsgolvet, att bekväm lossning och lastning kan ske vid lastkajerna. I anslutning till detta är även samtliga skrotupplag förlagda. Från förrådsgården finns också infart till pancentralen.

Verkstadspersonalen betjänas i förrådet av tre utlämningsdiskar. För att minska de ganska tidskrävande förrådsbesöken har i verkstadsplanet arrangerats mellanförråd, i vilka de vanligast förekommande dettaljerna finns upplagda. För kommunikationen mellan källarplan (förråd) och bottenplan (verkstad) finnes flera trappor samt, för transport av tyngre gods, två hydrauliska hissar på 5 ton och två telfrar, som arbetar över öppningar i verkstadsgolvet. Läget av dessa framgår av källarplanen och bottenplanen.

Administrationsbyggnad

Personalens omklädnads- och tvättrum är förlagda i källarvåningen utmed verkstadsbyggnadens västra fasad. Totalt finns här plats för ca 400 personer och omklädnadsrummen är uppdelade i enheter med plats för ca 40 personer vardera. Verkstadsbyggnaden står i direkt förbindelse med administrationsbyggnaden. I första våningen av denna har arbetsstudie- och verkstadskontoren sina lokaler. Med rörpost står verkstadskontoret i förbindelse med samtliga verkmästarkontor.

Mellanvåningen disponeras helt av tekniska avdelningens kontor. I tredje våningen har inretts en personalrestaurang. Den arbetar enligt barsystemet och självbetjäning tillämpas i största möjliga utsträckning.

Kap 17 TRAFIKERING OCH DRIFTFRÅGOR

Den första tunnelbanan har f. n. (1/1 1964) ett trafikunderlag av boende i ytterstaden på ungefär 345.000 inv. Fördelningen på de olika bangrenarna framgår av nedanstående tabell där också som jämförelse angetts förhållandena den 1/1 1958, således omedelbart efter det att den genomgående banan öppnats för trafik den 24/11 1957.

Trafikområde	1/1 1958 Antal inv.	1/1 1958 Därav betjänade med a-linje	1/1 1964 Antal inv.	1/1 1964 Därav betjänade med a-linje
Västerort	121.000	51.000	131.000	50.000
Söderort	144.000	44.000	214.000	30.000
Därav på				
Bagarmossgrenen	—	—	46.000	3.000
Farstagrenen	84.000	32.000[1])	82.000	9.000
Hagsätragrenen	60.000	12.000	86.000	18.000
Totalt	265.000	95.000	345.000	80.000
Banlängd	30,5 km		39,6 km	

[1]) Den stora andelen anslutningstrafikanter beror på att stadsdelarna Kärrtorp och Bagarmossen, som nu har tunnelbana, vid början av 1958 betjänades med anslutningsbussar till Farstabanan.

Trafikunderlaget i ytterstaden har sålunda ökat kraftigt. Detta beror dels på exploateringen av såväl Söderort som Västerort, dels på att man sedan den genomgående tunnelbanan öppnades anslutit en ny bana (Bagarmossgrenen) till denna.

Under den genomgående tunnelbanans första hela driftsår (1958) kördes 3.271 milj. plkm, medan motsvarande tal under 1963 uppgick till 4.300 milj. Mot en ökning av trafikunderlaget med 30,2 % svarar en ökning i trafikarbetet med 31,5 %. Ökningen i trafikarbetet har sålunda varit något större än ökningen i trafikunderlaget. Genom att exploateringen gått allt längre mot periferin och tunnelbanorna successivt förlängts, kunde en större ökning av trafikarbetet egentligen synts motiverad. Denna utveckling har dock ej inträffat, beroende på att bantrafiken av samkörningsskäl i vissa fall måste överdimensioneras under den första tiden. En utjämning härvidlag har ägt rum efter hand under såväl hög- som lågtrafiktid.

Den yttre änden på var och en av de tre södra bangrenarna, Bagarmossen, Farsta och Hagsätra, är under dagtrafiktid ändstation för var sin linje (11, 18 resp. 19). Genom att Västerort har mindre trafikunderlag än Söderort behöver inte alla dessa tre linjer föras ut till den längst västerut belägna ändstationen. Två av linjerna vändes sålunda vid var sin ändstation på linjen, linje 18 vid Åkeshov och linje 19 vid Odenplan. På liknande sätt förekommer en avkortad trafik med de två ytterligare linjer — 28 och 29 — som under högtrafiktid sätts in på de två längsta och mest belastade södra bangrenarna. Avkortningen gäller då även insättandet söderut, där tågen vänds vid Hökarängen och Högdalen. Vändning i Västerort görs för dessa linjer vid Alvik resp. Vällingby. De tre — under högtrafik fem — linjerna har samtidigt samma intervall mellan tågen. Den nu tillämpade trafikeringsprincipen framgår av nedanstående diagram (fig. 17:1).

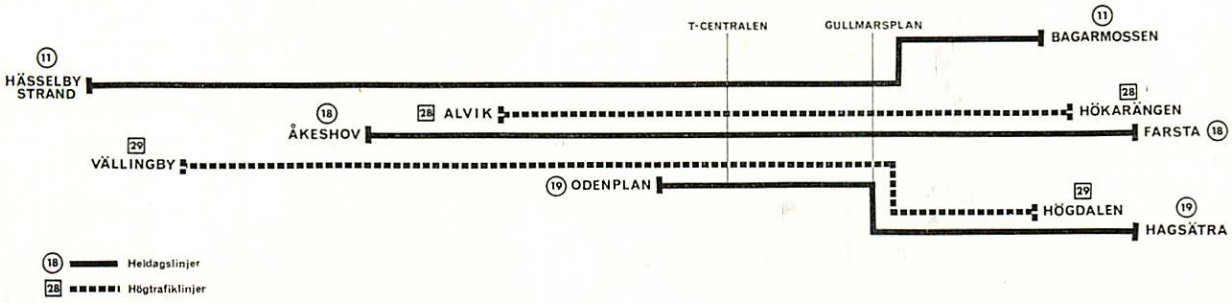


Fig. 17:1. Tillämpad trafikeringsprincip vid normal- respektive högbelastning.

Det är av mycket stor betydelse att kunna ge de olika tågen så lika belastning som möjligt. Härigenom skapas förutsättning för lika längd på stationsuppehållen och uniforma körtider mellan stationerna. Tågen får på detta sätt lättare att hålla jämna intervaller under färden.

Väsentligt för att kunna åstadkomma en jämn belastning är bl. a. den ordning i vilken de olika tågen skall framföras på den gemensamma sträckan — i synnerhet vid färd söderut. Som exempel härpå kan nämnas att man i tidigare tabeller med 10-minuterstrafik hade tågföljden linje 28, 29, 18, 19, 11. Detta medförde att tågen på den linje som hade de vid Odenplan vändande tågen på linje 19 före sig fick 15,1 % högre belastning än samtliga tågs medelbelastning. Vintersäsongen 1962—63 ändrades tågföljden till linje 19, 28, 29, 18, 11. Tidsluckan före linje 11 vid Fridhemsplan blev då endast 2 minuter och "överbelastningen" på linje 11 minskade till 8,4 %.

Under den första vintern trafikerades den genomgående tunnelbanan endast med fyra tågtyper i 10-minuterstrafik. Detta innebar en 2,5-minuterstrafik (150 sek) på den för alla tåg gemensamma sträckan Gullmarsplan—Odenplan.

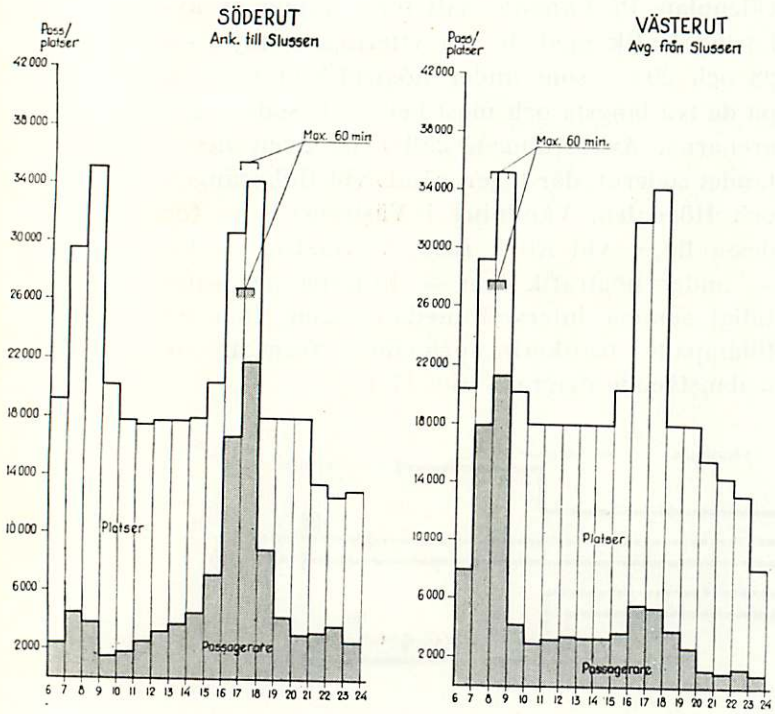


Fig. 17:2. Antal platser och antal passagerare på tunnelbanetåg kl. 06.00—24.00.

Eftersom signalsystemet är konstruerat för ett tågintervall av 90 sek vid 30 sek stationsuppehåll innebar detta att det för varje tåg fanns en "störningsmarginal" av 150 — 90 = 60 sek. Tillkomsten av Bagarmossbanan våren 1958 medförde att trafiken på den gemensamma sträckan förtätades till 2-minuterstrafik vid övergången till vintertidtabell hösten 1958. Detta innebar att den ovan nämnda "störningsmarginalen" minskade till 120 — 90 = 30 sek eller hälften mot föregående år. Den praktiska innebörden av detta blev att en tågstörning av viss tidslängd kom att drabba dubbelt så många tåg som före omläggningen. En ytterligare förtätning av tunneltrafiken är teoretiskt möjlig, men innebär givetvis att trafiken blir ännu mer känslig, i all synnerhet om denna täta trafik skall upprätthållas under lång tid och över lång sträcka.

För att en tät trafik skall kunna upprätthållas förutsättes att tågen blockerar bansträckorna så kort tid som möjligt. Detta ernår man om tågen kan köras med den höga hastighet som medges vid "fritt spår". Detta kräver emellertid att tågen inte körs så tätt att de genom hyttsignalsystemet kommer i konflikt med varandra. Praktiska prov har utvisat att det från kapacitetssynpunkt är förmånligare att låta ett för tidigt tåg stå några sekunder längre vid en station än att göra av med motsvarande tid genom långsam körning på linjen. På basis av dessa erfarenheter har på centralsträckans stationer installerats automatiska signaler, s. k. intervallsignaler, som vänder sig till tågvakterna. Dessa signaler är så anordnade att de anger den tidigaste tidpunkt då tåget kan startas utan risk för att det skall komma i signalkonflikt med framförvarande tåg. Intervallsignalen kan också ställas om till längre intervall än de från körsynpunkt minsta möjliga.

Trafikbelastningens dygnsvariation är betydande på T-banan, vilket framgår av fig. 17:2, som redovisar belastningen vid stationen Slussen. Variationen i trafikefterfrågan följs genom att dels sätta in de två tågtyper som bara går under högtrafiktid. Vid vintertidtabell med 10-minutersintervall under högtrafiktid. användes 12-minutersintervall mitt på dagen och tidig kvällstid samt 15-minutersintervall under sen kvällstid. Trafikutsättningen kan också varieras genom att tågen under lågtrafiktid kopplas ned till färre antal vagnar.

Enligt en trafikräkning som utfördes 1962 uppgick antalet trafikanter på T-banan till 415.000 per dag. Av dessa passerade 245.000

över infarterna till/från innerstaden medan 44.000 var lokaltrafikanter i ytterstaden och 126.000 lokaltrafikanter i innerstaden. Antalet innerstadsresenärer var alltså betydande. Belastningen utefter bansystemet framgår av diagrammet fig 17:3.

På den andra tunnelbanan kommer trafikunderlaget i ytterstaden att uppgå till ca 106.000 invånare när banan öppnas. Grenen mot Vårberg förs vid öppnandet endast fram till Örnsberg och får då inte mer än halva sitt blivande trafikunderlag, eftersom exploateringen inom området utanför Mälarhöjden endast påbörjats. Fruängsbanan däremot kommer i stort sett att ha sitt maximala trafikunderlag vid öppnandet 1964, men detta sjunker dock sedan något till följd av den sjunkande boendetätheten. Trafikantunderlaget fördelas på följande sätt:

Trafikområde 1.4.1964	*Antal inv.*	*Därav betjänade med a-linje*
Vårbergsgrenen (Örnsberg)	33.000	20.500
Fruängsgrenen	73.000	39.500
	106.000	60.000

Banlängd 11,9 km.

Trafikarbetet uppgår i detta skede till ca 2.000 milj. plats-km per år på denna bana.

Ändstation i innerstaden blir till en början T-Centralen. Detta gör att banan inte blir så attraktiv för innerstadstrafikanter som när den dragits fram till Östermalmstorg och alldeles särskilt när den — just med tanke på innerstadsborna — förlängts genom Östermalm och Gärdet till Ropsten, där man får kontakt även med trafiken till Lidingö. Till en början blir det, med hänsyn till Vårbergsgrenens ringa trafikunderlag, tillräckligt att under högtrafiktid köra tågen till ändstationen vid Örnsberg med i medeltal 10-minutersintervall, medan Fruängsgrenen kommer att kräva 5-minuterstrafik. Detta uppnår man genom att de tåg som med 10 minuters intervall trafikerar hela sträckan T-Centralen—Fruängen kompletteras med förstärkningståg på sträckan T-Centralen—Telefonplan på liknande sätt som på det första systemets mest belastade bangrenar. Vårbergsgrenens trafikunderlag kommer successivt att öka genom exploateringen inom Vårbergsområdet och trafikunderlaget i ytterstaden har när banan är helt utbyggd, ökat till 150.000 med nedanstående fördelning.

[1]) Däri ingår en del för de båda banorna gemensam anslutningstrafik vid Liljeholmen.

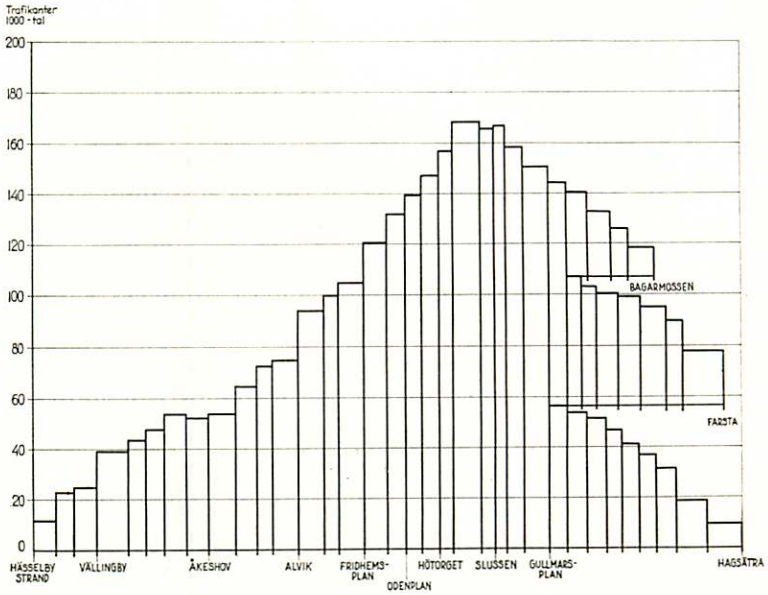


Fig. 17:3. Heldagsbelastning på tunnelbanan enligt TRV-62.

Trafikområde år 1967	*Antal inv.*	*Därav betjänade med a-linje*
Vårbergsgrenen	80.000	
Fruängsgrenen	70.000	45.000[1])
	150.000	45.000

Banlängd 21,8 km.

Även på Vårbergsgrenen blir det motiverat att under högtrafiktid upprätthålla trafik med 5-minutersintervall. Förstärkningen kommer där att göras genom inrättande av insatståg på sträckan ut till Sätra. Förlängningen till Gärdet ut till Ropsten kommer i och för sig inte att motivera någon ökning av turintervallen. Trafikarbetet torde vid denna utbyggnad av banan uppgå till ca 3.000 milj. plats-km per år.

DRIFTLEDNINGEN PÅ T-BANAN

Driftledningens uppgift är att hålla tågtrafiken och persontrafiken genom stationerna under observation. Konstateras avvikelser från den gällande trafikplanen — exempelvis en tågstörning — skall åtgärder vidtas för att dels återställa planenlig trafik, dels häva eventuella sekundärverkningar av störningen. I åliggandena ingår att informera trafikanter och trafikpersonal om inträffade störningar samt att kalla erforderliga specialister till störningsplatsen — trafikbefäl, montörer, väktare, polis m. fl. Driftledningen svarar för erforderliga omdirigeringar av tunneltrafiken, insättning av eventuella byteståg samt också för att rekvirera den ersättande busstrafik som kan erfordras.

Driftledningens yttre organ utgöres av trafikbefäl med tjänsteuppgifter förlagda inom viss bansträcka eller till viss knutpunkt. Detta befäl svarar för övervakning, kund- och personalkontakt och skall vid behov kunna ingripa vid störningar. Ett inre organ i driftledningen utgörs av ställverken — ett vid Johanneshov för banan söder om T-Centralen och ett vid Alvik för banan norr därom, samt ett ställverk vid Liljeholmen för T-bana 2. Ställverken har att effekturera de växel- och signalomläggningar som krävs för den planenliga trafikens genomförande, in- och utgångar av trafiktåg, vändning av tåg vid ändstationer och läggning av tågvägar vid grenpunkter. I ställverkens uppgift ingår att med hjälp av spårplanerna följa trafiktågen i detalj och att vid konstaterade avvikelser från trafikplanen rapportera detta till det överordnade organet — tunnelcentralen (Tuc).

Tunnelcentralen är det centrala organ till vilket all rapportering skall göras och varifrån information ges. Härifrån dirigeras trafiken om i erforderlig utsträckning och här ansvaras för att erforderliga hjälpresurser blir kallade och insatta. För sin verksamhet har tunnelcentralen vissa tekniska hjälpmedel. Bl. a. finns där en s. k. tågtidskrivare där trafikförloppet registreras grafiskt. För sambands- och underrättelsetjänsten finnes, utöver bolagets normala telefonnät, bl. a. larmtelefoner i banans tunneldelar på ett avstånd av ca 200 m med vilka tågpersonalen kan nå direkt kontakt med tunnelcentralen. Vidare finns ett högtalarsystem varmed bl. a. varje stationsplattform kan nås av meddelande och med vilket också tvåvägsförbindelse kan upprätthållas med en spärr i varje biljetthall.

Tåg som befinner sig ute på linje kan emellertid inte nås direkt med meddelanden och saknar också direktkontakt med tunnelcentralen. Det arbetas emellertid på att få fram ett driftsäkert system för radioförbindelse mellan bl. a. tunnelcentral och tunneltåg. Med ett sådant system kan störningar rapporteras och störningsbekämpningen insättas tidigare än vad nu är fallet. Vidare kan tågradion möjliggöra en smidigare tågdirigering och en förbättrad information till de resande.

I tunnelcentralen kan man vidare kontrollera den elektriska matningen till strömskenans olika sektioner, tunnelbelysningen, pumpar, fläktar, reservkraftaggregat m. m.

Hur en driftstörning skall behandlas beror i hög grad på dess karaktär samt var och när den inträffar. Ett tåg som i högtrafiken får ett sådant fel att det inte kan framföras med planenlig hastighet, och som skulle utgöra början på en långsam och växande konvoj av tåg, måste snarast utrymmas och tas in på ett uppställningsspår. Som ersättning för detta tåg insätts ett reservtåg, om möjligt på rätt plats i tidtabellen. Försenade tåg försöker man få in i rätt tid genom att extra personal hjälper till att vända dem vid ändstationer eller i vissa fall ute på linjen genom användande av övergångsväxel.

Mera sällan förekommer absolut driftstopp på någon del av T-banan på grund av allvarliga vagn- eller banfel, avbrott i driv- eller manöverström. I sådana fall tillgrips vändning av tågen utanför störningsområdet. Därvid sätts ersättningstrafik med bussar in över den del av banan som ej kan trafikeras.

Vid driftstörningar under högtrafiktid är det på större stationer väsentligt att bevaka och reglera trafikanttillströmningen så att den inte blir större än vad tågen kan transportera vidare. I annat fall föreligger risk för överbeläggning av plattformarna. Detta regleras genom att man tillfälligt stänger in-spärrarna i biljetthallen.

För att banan alltid skall hållas i trafikdugligt skick krävs att omfattande underhållsarbete. Banarbeten på trafikerat spår blir alltid mer eller mindre störande. För att störningarna skall bli så litet omfattande som möjligt förläggs arbetet i den mån det är möjligt till trafiktid och tider då turtätheten är som glesast. Under kvällstrafiktid och nattrafiktid blir det då möjligt att upprätthålla enkelspårtrafik varvid tågen i den ena riktningen köres i motspårstrafik.

Snöröjningen utgör en speciell form av arbeten i banan. Den bedrivs dels genom snöröjning från särskilda tåg, varvid snön framförallt blåses bort från strömskenan. För snörenhållningen vid växelpartierna förlitar man sig i främsta rummet till elektrisk uppvärmning, men man måste ibland också tillgripa handskottning. Slutligen förekommer att strömskenan befrias från isbark genom att den under trafikfri tid värms upp genom kortslutning.

Kap 18 AUTOMATISERING I T-BANAN

AUTOMATISK TÅGDRIFT

För såväl bansystem 1 som bansystem 2 planeras införande av automatisk tågdrift. Det man inom spårvägsbolaget syftar till är en utrustning som helt automatiskt övervakar och reglerar tågets framförande mellan två stationer — körning med autopilot. Tåget startar och accelererar, drivströmmen slås ifrån, bromsarna ansätts och tåget bringas att stanna med hög noggrannhet vid stationerna.

De första diskussionerna om automatisk körning togs upp år 1959. Den första körningen med autopilot ägde rum hösten 1962, första tiden på en relativt kort sträcka på banan till Bagarmossen. Omkring årsskiftet 1962/63 överfördes provkörningarna till Farstabanan mellan stationerna Farsta och Skärmabrink. Ett mycket stort antal prov utfördes under 1963 och en del ändringar och justeringar har självfallet gjorts i autopiloten. Allmänt kan nog konstateras att de principer för den automatiska tågdriften som diskuterats fram före provdriften icke har ändrats.

I stort sett har resultaten från provkörningarna varit tillfredsställande. Så har t. ex. avvikelserna mellan den teoretiska stoppunkten och de vid körningarna erhållna utgjort omkring ± 2½ m. Proven har dock utsträckts till första halvåret 1964.

Vid den i Stockholms T-bana hittills tillämpade manuella körningen övervakas tågets framförande av signalsäkerhetssystemet, utformat som ett tre-beskeds hyttsignalsystem med automatisk hastighetsövervakning. Liksom föraren idag är helt underställd detta signalsäkerhetssystem, blir också morgondagens autopilot det. I och med att T-banan i Stockholm redan har ett signalsystem, där signalbesked kontinuerligt överföres till tåget från banan och där kontroll av tågets hastighet sker mot de erhållna signalbeskeden, har man skapat goda förutsättningar för införandet av automatisk tågdrift.

Automatisering av startförloppet erbjuder inga svårigheter. När föraren/tågvakten har stängt trafikantdörrarna vid stationen och trycker på klarsignalknappen, startar tåget. Uppkopplingen, övervakad av strömgränsrelät, sker till sista fartsteget.

Betydligt större problem innebär regleringen av bromsförloppet. Från banan överföres induktivt till tåget en stopp- eller inbromsningsimpuls cirka 300 m från stoppunkten för efterföljande station. Med början vid denna stoppimpuls styrs sedan bromsförloppet hos tåget av

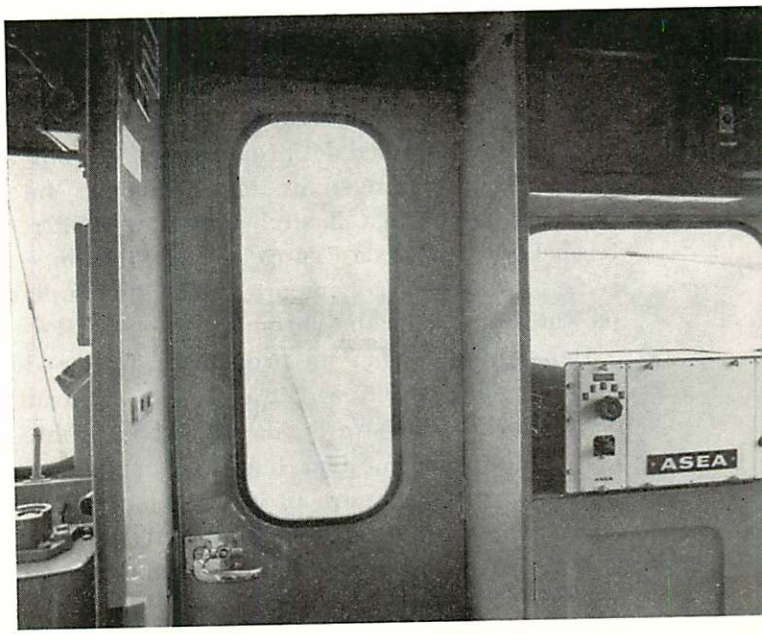


Fig. 18:1. Autopiloten monterad i provvagn.

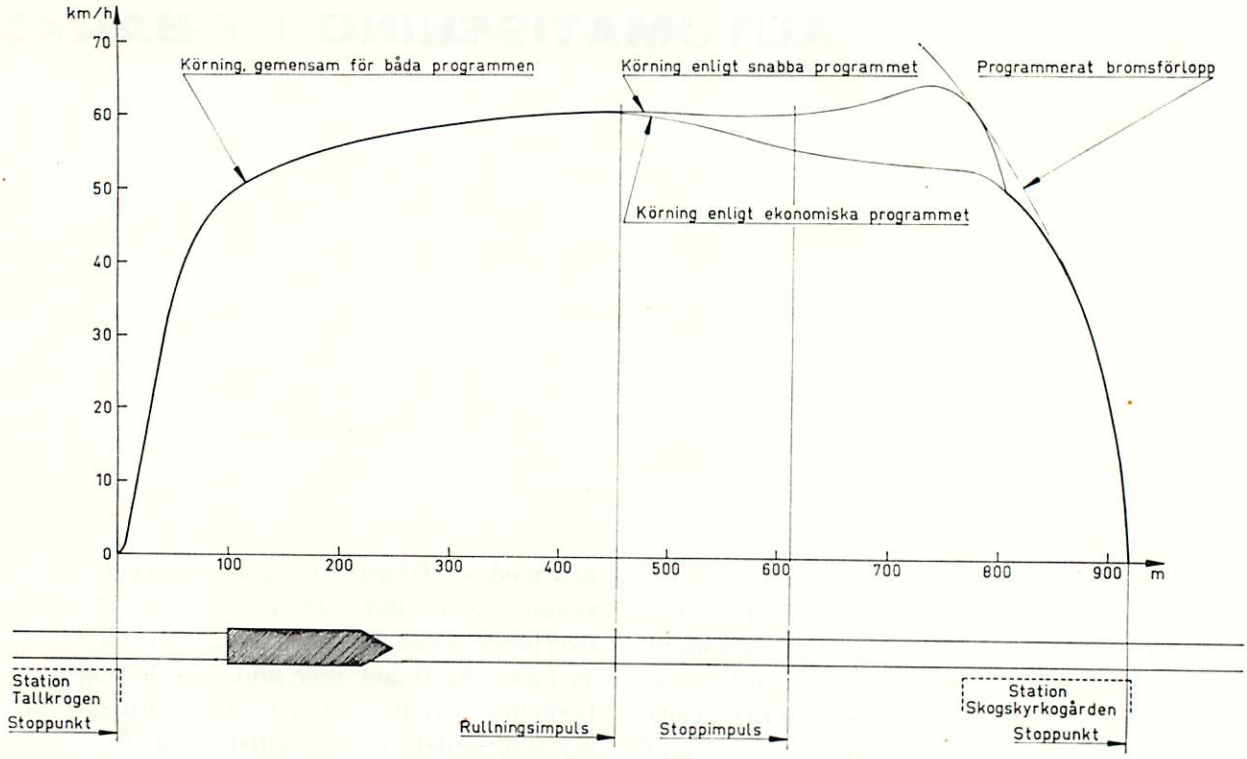


Fig. 18:2. Körförloppet mellan stationerna Tallkrogen och Skogskyrkogården med de två körprogrammen.

en i autopiloten programmerad broms- eller referenskurva. Denna referenskurva är baserad på en retardation av cirka 1 m/sek². I autopilotens logiksystem skall tågets verkliga hastighetskurva jämföras med denna referenskurva.

Från en hjuldriven takometergenerator fås en spänning, som är beroende av tågets hastighet. Genom integrering av strömpulserna erhålles besked om den tillryggalagda vägsträckan i förhållande till den punkt, varifrån bromsimpulsen överfördes till tåget. Tågets verkliga hastighet efter en viss vägsträcka, "är"värdet, kan således jämföras med det programmerade "bör"-värdet. Inbromsningen av tåget påbörjas inte förrän den verkliga hastighetskurvan skär referenskurvan första gången. Inbromsningen regleras härefter genom att autopiloten kallar på fullbroms eller halvbroms.

Den autopilot som nu provköres, är försedd med två olika program. Ett är avsett att användas under rusningstrafik, då tåget bör framföras med högsta möjliga hastighet mellan två stationer. Vid det andra programmet låter man tåget rulla och utnyttjar på så sätt lutningar för att spara ström. Detta program är avsett att användas under lågtrafik.

Under dagen är tåget sammansatt med ett varierande antal vagnar, och eftersom det är önskvärt att tåget skall stanna med mittersta vagnen mitt på plattformen, är autopiloten försedd med en speciell omkopplare, märkt för olika antal vagnar. Referenskurvan parallellförskjutes så att stoppunkten flyttas bakåt i proportion till antalet vagnar i tåget. Det är också mycket enkelt att skifta över från automatisk till manuell körning och tillbaks igen med hjälp av en omkopplare i förarhytten.

Avsikten är inte att köra dessa automattåg helt obemannade, utan man skall ha en man ombord. De väsentligaste skälen mot obemannade tåg är att tågen kan stanna på linjen, t. ex. på tunnelsträckor, genom olyckshändelse eller på grund av något mekaniskt eller elektriskt fel. I praktiken uppträder också olika slag av hinder, som inget signalsystem kan reagera för, t. ex. banarbetare i spår, nerfallna grenar o. s. v. Ett stort frågetecken utgör vidare trafikanternas reaktion inför helt obemannet tåg. Dessutom erfordras en mycket komplicerad utrustning vid stationerna för kontroll av att tåget verkligen har stannat mel hela tåglängden inne på plattformen.

Fördelarna med ett automatiskt tågsystem är:

1. Som en följd av en enklare körning torde det automatiska tågsystemet tillåta enmansbemannade tåg. Mot detta kan sägas att förarens arbete ombord på tåget sannolikt blir mer krävande. På samma gång som han övervakar körningen av tågen, skall han också manövrera dörrar och åtminstone vid vissa stationer övervaka trafikanternas på- och avstigning. En ökad TV-övervakning blir därför säkerligen nödvändig.

2. Den uniforma körningen av tågen kan hålla variationer i körtid mellan stationerna för olika tåg nere till ett minimum. På så sätt kan den uniforma körningen möjligen öppna vägen för ökad trafiktäthet och därigenom ökad kapacitet på linjen.

3. Den uniforma körningen väntas också medföra besparing i strömförbrukningen genom att onödiga till- och frånslag av drivströmmen elimineras. Det är också möjligt att minska energiförbrukningen genom att man låter tågen köra med frånslagen ström på vissa förutbestämda sträckor på det ekonomiska körprogrammet.

På ett flertal håll i världen pågår mer eller mindre avancerade prov med automatisk tågdrift, t. ex. Barcelona, Leningrad, Moskva, Nagoya, New York, Paris, Stockholm och Tokyo.

TÅGRADIO

Under år 1963 utrustades samtliga bussar, spårvagnar och trådbussar med radioutrustning. Detta innebär att trafikledarna i trafikledningscentralen vid Mälartorget kan kommunicera med samtliga fordonsenheter.

För T-banan pågår en utredning om införandet av tågradio och avsikten är att i början av år 1964 lägga fram ett förslag. Prov har under de gångna åren utförts efter två skilda principer. Det ena systemet bygger på samtalsöverföring med bärfrekvens via strömskenan till tåget med en frekvens av cirka 100 khz. Det andra systemet arbetar med överföring via UKV (2-meetersbandet). Resultaten från proven pekar närmast på ett system med UKV för spårvägsbolagets del.

TÅGIDENTIFIERING

Syftet med en utrustning för tågidentifiering är att mer eller mindre automatiskt överföra besked från tåget om dess destination. Ett sådant identifieringssystem skulle uppfylla två önskemål, nämligen att dels automatiskt lägga tågvägar, dels ge väntande trafikanter på stationerna upplysningar om det inkommande tågets destination. Man kan härvidlag urskilja två huvudprinciper. Den ena är ett halvautomatiskt system, där tågets destination centralt eller lokalt matas in vid avgången från ändstationen och så att säga vandrar framför tåget från station till station. Den andra principen arbetar med trådlös överföring från tåget till fasta mottagningsenheter utefter banan.

För närvarande vilar frågan om tågidentifiering. Man vill först utreda hur ett sådant system bör inlänkas i ett mera integrat automatiskt tunnelbanesystem.

TRAFIKANTRÄKNING

I avsikt att mer detaljerat och fortlöpande få information om trafikantmängder på de skilda fordonsenheterna övervägs olika metoder för automatisk trafikanträkning. De främsta skälen för att införa dylik trafikanträkning är, att man härigenom snabbare och bättre borde kunna göra en anpassning mellan efterfrågan och platsutsättning. För ytnätet beräknas att prov för räkning av på- och avstigande trafikanter skall kunna påbörjas under 1964. Tyvärr förefaller det inte vara tillräckligt att inom T-banan enbart räkna antalet in- och utpasserande trafikanter vid en spärrlinje. Denna information ger inte besked om trafikantbeläggningen för tåg i olika riktningar eller om beläggningen i enskilda vagnar. En förberedande utredning pågår om hur en dylik trafikanträkning skall kunna företas.

Kap 19 SÄKERHETSFRÅGOR

På säkerheten vid tunnelbanan har mycket höga anspråk ställts. Detta gäller såväl för trafiksäkerheten som arbetar- och brandskyddet. Förutom vad som härom framgått under övriga kapitel lämnas nedan en kort redogörelse för vissa mer allmänna åtgärder och bestämmelser.

Kraven på förarna

För utbildning till tunnelförare gäller en maximiålder på 50 år för personal som erhållit utbildning som spårvagnsförare före 45 års ålder, och 45 år för övriga. Vidare fordras minst tre års trafiktjänst.

Utöver grundutbildning har förare att genomgå obligatorisk repetitionsutbildning första gången efter sex månader efter avslutad grundkurs och därefter vart tredje år. Grundutbildning liksom all repetitionsutbildning avslutas med förhör bl a på säkerhetsbestämmelser.

För att få användas till tjänstgöring varav trafiksäkerheten är beroende krävs bl a att vederbörande vid läkarundersökning befunnits lämplig för den tjänstgöring vartill han skall användas. Förutom läkarundersökning före anställandet vid bolaget görs förnyad undersökning vid uttagning till förarutbildning och vid 45, 50, 55 och 59 års ålder. Härutöver förekommer en särskild ögonundersökning vid 35 års ålder.

Trafiksäkerhet

Bananläggningen är helt avskild från annan trafik. För att förhindra obehöriga att beträda spårområdet har sträckorna ovan jord inhägnats med stängsel, som är 1,5 m högt och som överst och nederst är försett med taggtråd. På stängslet har uppsatts anslag med varning till allmänheten att beträda spårområdet. På inhägnadens utsida får fasta föremål som regel icke placeras närmare än 1,5 meter.

Över strömskenan finns en skyddsbräda. Om avståndet mellan strömskena och stängsel understiger 2 m har strömskenan också försetts med skyddsbräda på utsidan mot stängslet.

För att förebygga att obehöriga beträder spårområdet vid stationsplattformars ändar har dessa avgränsats med räcken. Dessutom finns varningsanslag uppsatta.

I rulltrapporna mellan plattformar och biljetthallar fick tidigare barnvagnar medföras endast om vagnen var hopfällbar och bars hopfälld. Denna bestämmelse har senare ändrats så att icke hopfällbara barnvagnar numera är förbjudna endast i längre nedåtgående rulltrappor.

Den högsta tillåtna hastighet varmed tunneltåg får framföras är 70 km/tim.

Tågen är utrustade med hyttsignaler. Vid fel på hyttsignalsystemet får systemet urkopplas endast av trafikbefäl och efter medgivande av tunnelcentralen. Trafikbefälet skall därefter medfölja tåget i förarhytten och därifrån övervaka körningen. Hastigheten får uppgå till högst 30 km/tim. Tåget får på så sätt framföras till närmaste ändstation utan att det dessförinnan behöver utrymmas.

Urkopplat hyttsignalsystem får endast återställas av därtill behörig montör efter vederbörlig undersökning i hall. I vissa fall får dock systemet återställas av trafikbefäl. Så är fallet då brytningen ägt rum på grund av signalfel i banan, under förutsättning att signalfelet konstaterats av signalpersonal, eller på grund av körning på motspår. Inkoppling av systemet skall ske varje gång tåget lämnar den sträcka, på vilken signalfel i banan föreligger resp. varje gång tåget lämnar motspårssträckan. Alla hyttsignalfel samt brutna plomberingar skall omedelbart inrapporteras till bolagets säkerhetssektion.

Tunneltåg skall stanna vid varje station. Endast tåg som icke är insatt i allmän trafik, t ex provtåg och övningståg, får passera station utan att stanna. Hastigheten får härvid icke överstiga 30 km/tim. För att ge tågvakten möjlighet att kontrollera att hela tåget befinner sig inne vid stationsplattform har särskilda skyltar uppsatts ovanför plattformarna.

Tunneltåg får på linjen backas sammanlagt högst 2 meter. Vid stationsplattform får tåg däremot backas sammanlagt högst 10 meter.

Utom tunneltåg förekommer vid tunnelbanan även arbetståg, sammansatta av dragvagnar, grusvagnar, rälstrallor m m. Dragvagnarna är inte utrustade med hyttsignaler. All körning med arbetståg sker därför under speciell övervakning från ställverken. Den högsta hastighet, varmed dessa tåg får framföras, är 40 km/tim.

Vid allvarligare trafikhändelser kan behov föreligga att snabbt få strömskenorna spänningslösa. Detta sker efter telefonbegäran hos tunnelcentralen. Fasta telefonapparater finns på stationer och vid spårväxlar utmed linjerna. Inne i tunnlarna bröts strömmen till strömskenan tidigare genom sammanföring av två utmed tunnelväggarna uppsatta blanktrådar. Vid trådarnas sammanföring tändes även belysningen. På grund av att ett flertal falska utlösningar uppstod på systemet har detsamma frångåtts och ersatts med fasta telefonapparater, s k larmtelefoner, utmed tunnelväggarna. Via dessa apparater erhålls direktförbindelse med tunnelcentralen, varifrån, förutom att strömskenorna kan göras spänningslösa, även belysningen kan tändas i tunnlarna.

Måste ett tåg utrymmas mellan två stationer får detta som regel göras först efter det att strömmen till strömskenan brutits. Tåg bör utrymmas genom vagnarnas gaveldörrar. För att underlätta utrymningen medförs på varje vagn en stege.

Vid urspåringar, olycksfall o dyl föreligger ofta behov av snabb tillgång till erforderliga verktyg. Med hänsyn härtill har vid samtliga stationer i tunnlar, vid tunnelmynningar och vid hallanläggningar utplacerats s k skydds- och bärgningsutrustning. Tidigare fanns sådan utrustning att tillgå på vissa ytstationer men har numera indragits. Det har nämligen visat sig lämpligare att på ytan använda den utrustning som medförs på bolagets bärgningsbil, eftersom materialen härigenom vanligtvis kan köras ända fram till händelseplatsen. För att säkerställa att utrustning alltid skall komma fram till skadeplats, även om rådande trafikförhållanden, motorfel på bärgningsbil m m skulle försvåra eller omöjliggöra detta, kan hjälp rekvireras från stadens brandkår, som på sina stationer har färdigutrustade släpkärror med komplett bärgningsutrustning.

Arbetarskydd

Mellan stationerna på tunnelsträcka är belysningen normalt släckt. Tändning resp. släckning sker efter anmälan till tunnelcentralen. Vid tänd belysning har således tågförarna att räkna med att någon person befinner sig på tunnelsträckan.

För att skydda personer, som uppehåller sig på spårområdet, från att bli påkörda av tågen finns skyddsutrymmen utmed banan. Som regel finns sådant utrymme vid dubbelspårig bana på utsidan av vartdera spåret och vid enkelspårig bana på endera sidan om spåret. Undantagsvis får skyddsutrymme saknas vid murverk o. dyl. på en sträcka på högst 15 m under förutsättning att sikten åt ömse håll längs banan är god. Där sikten är dålig, eller där sträckan är längre än 15 m, har skyddsutrymmen ordnats i form av nischer.

Vid stationer på tunnelsträcka finns skyddsutrymme anordnat endast under plattformskanten. På stationer på öppen bansträcka förlades skyddsutrymmet tidigare enbart till utmed inhägnaden, men numera byggs dessa stationer jämväl med skyddsutrymme under plattformskanten.

Alla platser där skyddsutrymme saknas har varningsmarkerats med punktvis uppsatta skyltar, försedda med omväxlande svarta och gula diagonala ränder. Vid nischer samt på platser där skyddsutrymme upphör för att fortsätta på annan plats har pilar uppsatts som anger i vilken riktning nästa skyddsutrymme finns.

Brandskydd

För omedelbart ingripande vid brand finns eldsläckningsredskap m. m. att tillgå på tunnelvagnar, vid stationer och vid för driften mera vitala utrymmen och platser utmed linjerna.

Samtliga *tunnelvagnar* är utrustade med en kolsyresnösläckare på 1,5 kg eller en dimpulversläckare på 5 kg. Efterhand kommer alla vagnar att utrustas med enbart dimpulversläckare.

På *stationer i tunnlar* finns i varje biljetthall en eller flera brandposter. I en av spärrarna på varje station finns en kolsyresnösläckare på 1,5 kg att tillgå. Vissa lokaler på en del stationer är även utrustade med sprinkler. På varje stationsplattform finns som regel tre brandposter. Härutöver finns vanligtvis två brandskåp för alarmering av brandkåren.

Utmed *spårområdet* är samtliga relärum, elcentraler och maskinrum försedda med en kolsyresnösläckare på 6 kg. På vissa särskilt strategiska punkter har ävenså utplacerats kolsyresnösläckare på 6 kg. Slutligen finns i närheten av varje plattformsände i tunnel en vattensläckare.

I biljetthallar och pannrum på *ytstationerna* finns spolposter från vilka vatten kan tas för eldsläckning. Dessutom finns även på dessa stationer i en av spärrarna en kolsyresnösläckare på 1,5 kg.

Utom på tunnelvagnarna har förvaringsplatserna för redskapen markerats i enlighet med svensk standard. Markeringen utgöres av röda anslag med vit halvmåne.

All redskap är plomberad och står under kontroll av bolagets säkerhetssektion. All trafikpersonal har fått instruktion i redskapens handhavande.

I tunnlar, som färdigställs efter 1962, avses permanent brandvattenledning av stål att uppsättas. Uttag för 63 mm och 38 mm slang anbringas på var 30:e meter.

Kostnaderna för sträckan Gärdet—Vårberg—Fruängen uppgår till följande belopp (i miljoner kronor).

Östra banan	GK	SS
Gärdet—Östermalmstorg	59,4	20,5
Östermalmstorg—T-Centralen	29,0	15,0
	88,4	35,5
Innerstaden		
T-Centralen—Slussen[1])	6,6	0,5
Sydvästra banan		
Slussen—Liljeholmen	72,0	32,5
Liljeholmen—Fruängen	23,5[2])	20,5
Liljeholmen—Vårberg	59,0	40,0
	249,5	129,0[3])
Nybodahallen (inkl. tillfartstunnel, viadukt och spåröverbyggnad samt inventarier)	2,4	30,5
Vagnar (225 stycken)		100,0
	251,9	259,5
	511,4	
Elverkets kostnader för likriktarstationer m. m.	20,0	
Summa totalt	531,4	

Medelsförbrukningen för det andra tunnelbanesystemet (exkl. vagnar och vagnhall) fördelar sig enligt bokföring till 1963 och beräkning för följande år enligt nedan.

År	GK	SS
	Mkr	
1957	2,1	
1958	11,2	
1959	18,2	3,4
1960	25,4	
1961	33,4	
1962	45,3	9,1
1963	44,8	25,2
1964		37,7
1965	69,1	19,1
1966		19,0
1967		15,5
	249,5	129,0

Eftersom tunnelbanebygget har pågått under en relativt lång period under vilken penningvärdet starkt förändrats, kan byggnadskostnaderna för olika delsträckor icke utan vidare jämföras. I fig. 20:3 har därför för den under åren 1945—57 utförda delen Lindhagensgatan—Slussen beräknats löpmeterkostnaden för råkonstruktionen dels sådan den verkligen har varit och dels sådan den skulle ha blivit om 1963 års priser hade gällt. I fig. 20:1 och 20:2 har kostnaderna endast uträknats med 1963 års priser. Att märka är att delen Centralen—Slussen i huvudsak är fyrspårig under det att övriga delar är tvåspåriga. Även med beaktande härav är det påfallande hur starkt byggnadskostnaderna påverkas av grundförhållandena. Billigast är bergtunnlarna och dyrast de under svåra grundförhållanden med hjälp av frysgrundläggning och tryckluftskasuner utförda delarna vid Tegelbacken, samt anslutningsdelarna för tunneln under Liljeholmsviken.

[1]) Exkl. stationer
[2]) Inkl. 6,2 mkr för tidigare utförd del Telefonplan—Fruängen

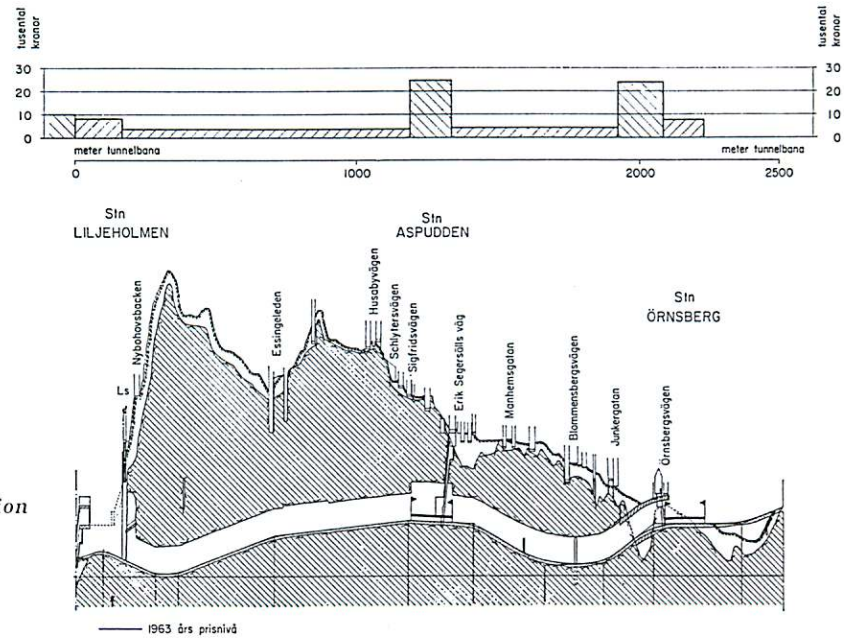


Fig. 20:1. Kostnad per längdmeter råkonstruktion för tunnelbanan Liljeholmen—Örnsberg.

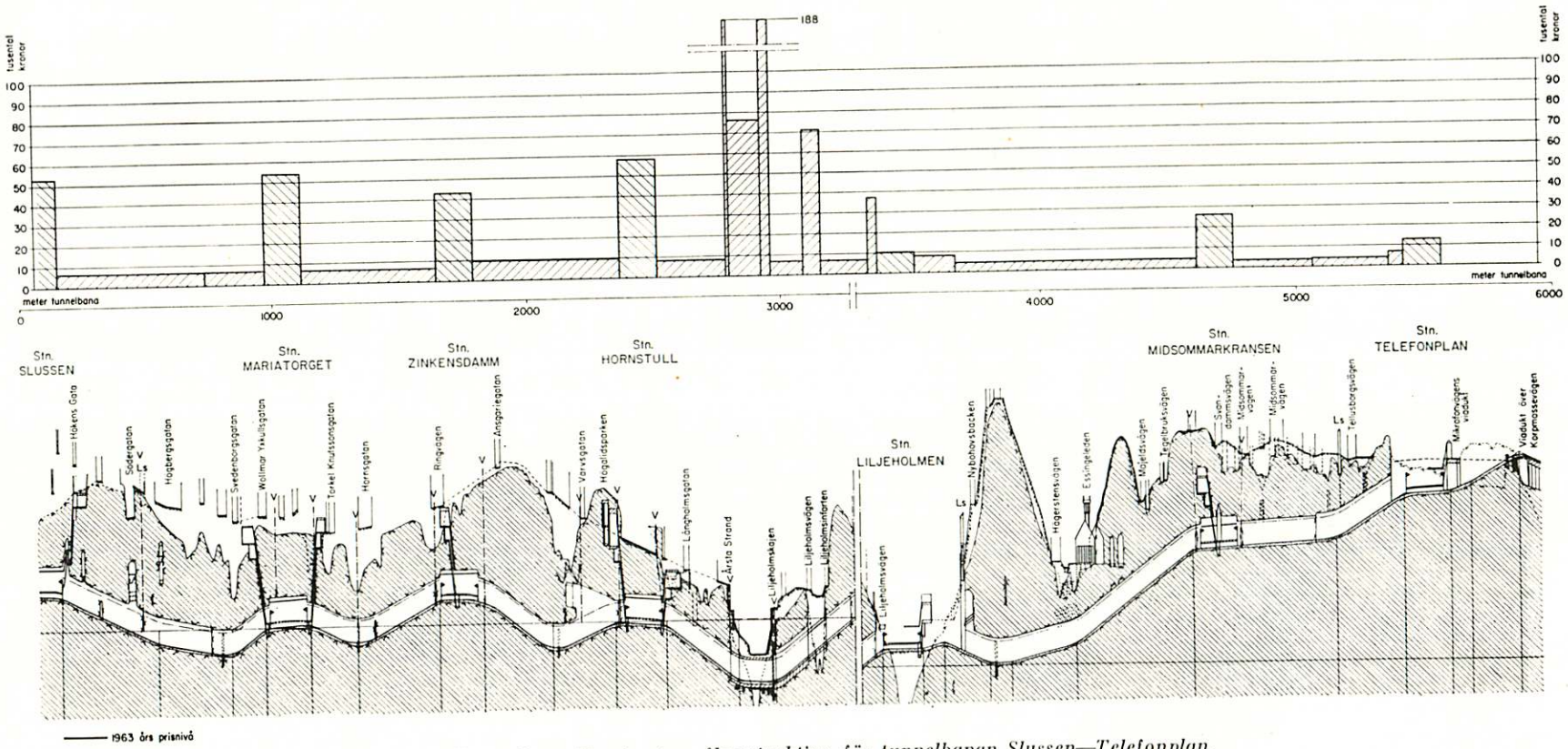


Fig. 20:2. Kostnad per längdmeter råkonstruktion för tunnelbanan Slussen—Telefonplan.

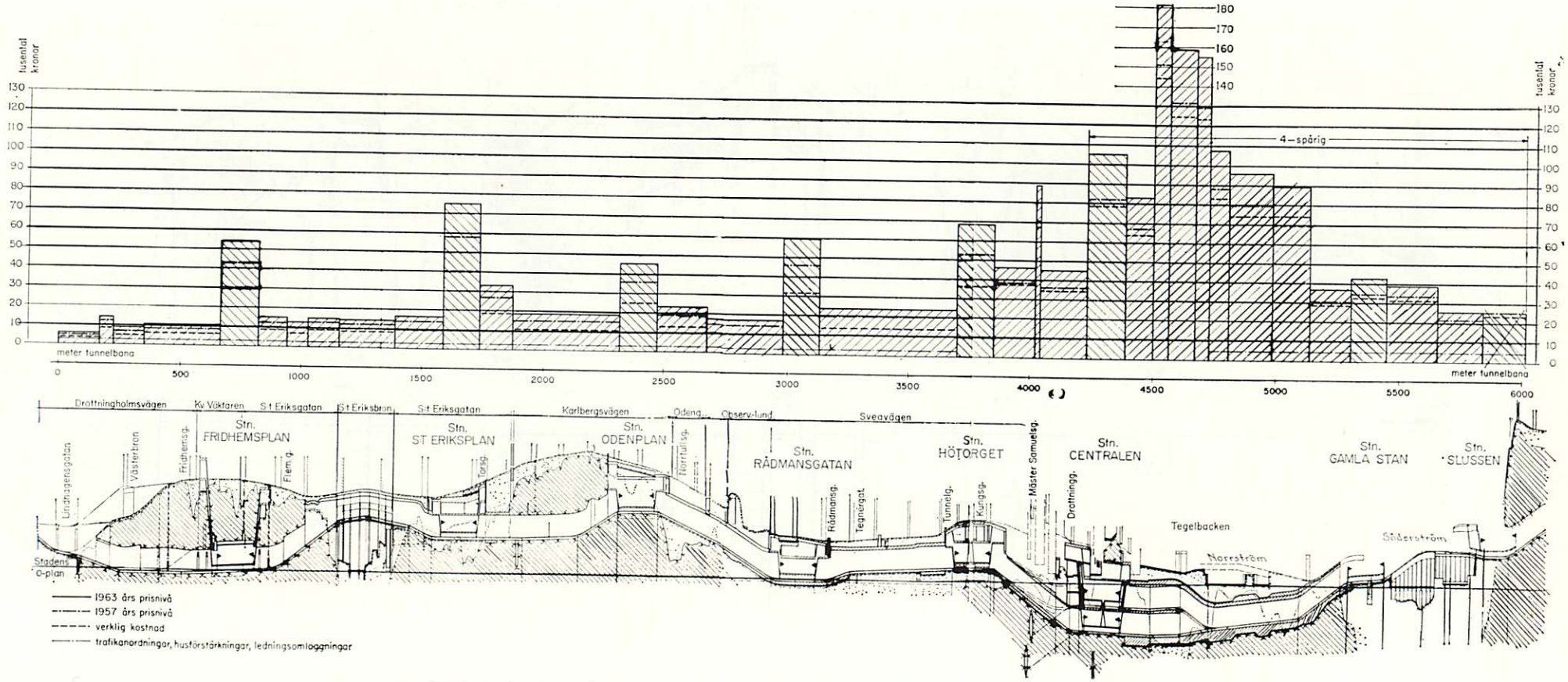


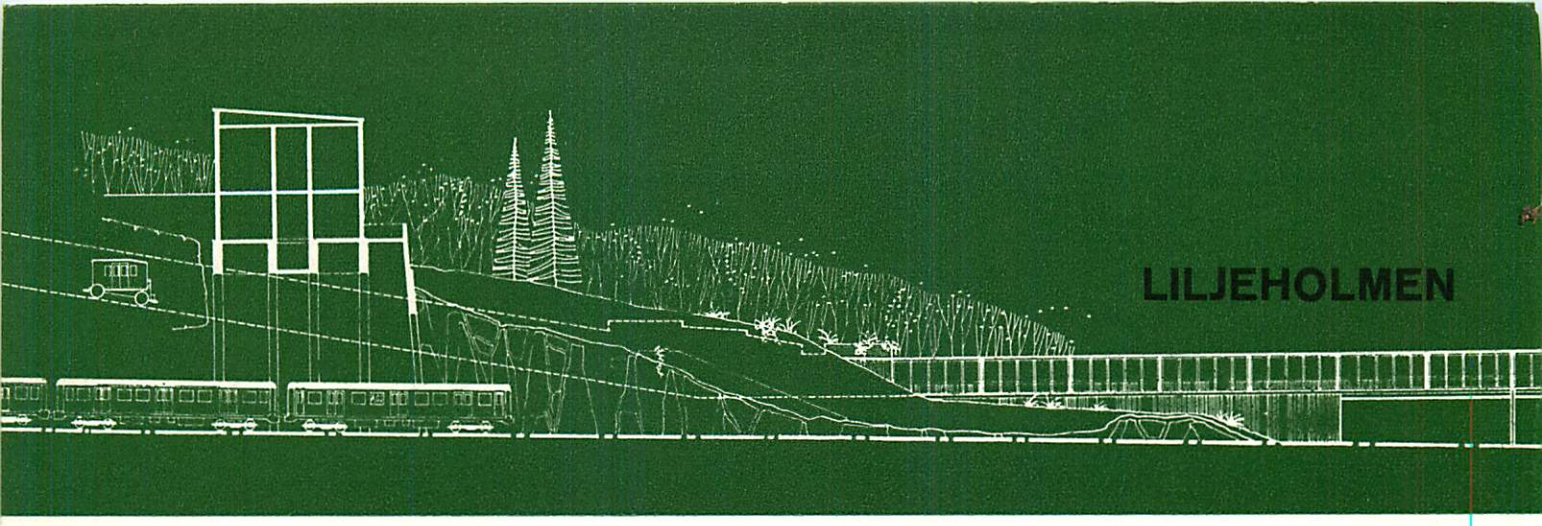
Fig. 20:3. Kostnad per längdmeter råkonstruktion för tunnelbanan Lindhagensgatan—Slussen.

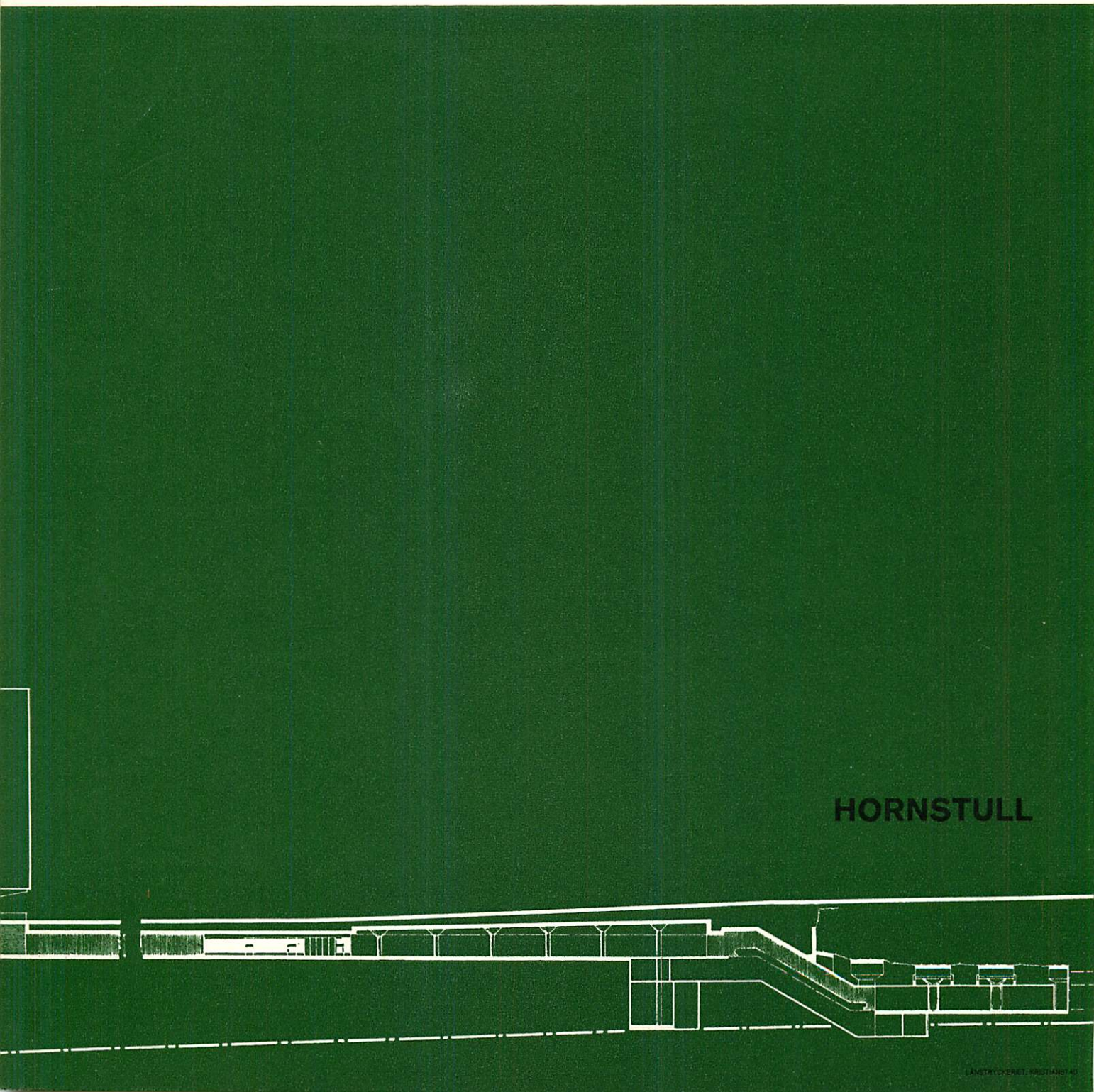
INNEHÅLL

Kap 1. STRÄCKNING, KAPACITET OCH TRAFIKUNDERLAG 7
Kap 2. TEKNISK STANDARD 9
Kap 3. GEOLOGISK ÖVERSIKT 13
Kap 4. BERÄKNINGSNORMER 16
Kap 5. BYGGNADSTEKNISK BESKRIVNING 18
Kap 6. BROAR OCH VIADUKTER 35
Kap 7. ARBETEN I SAMBAND MED TUNNELBANAN 42
:1. Södermalmstorgsdäcket 42
:2. Grundläggningsarbeten för femte höghuset vid Sergels torg 43
:3. Husbesiktningar och skadestånd 45
:4. Ledningsarbeten 46
Kap 8. SPECIELLA KONSTRUKTIONER OCH ARBETSMETODER 48
:1. Bergsprängning 48
:2. Bergförstärkningar och bergförankringar 51
:3. Schaktning, muddring, spontning 53
:4. Pålning 55
:5. Fångdammar 58
:6. Formsättning, armering och betonggjutning 60
:7. Isoleringar 64
:8. Frysgrundläggning 65
:9. Tryckluftkasuner 65
:10. Husgrundsavväxlingar 67
:11. Bankstabiliseringar, pålning 69
:12. Invallning 70
:13. Tunnel under Liljeholmsviken 71
:14. Betongtunnel vid Liljeholmsinfarten 76
:15. Cirkulär tunnel mot Östermalm 77
Kap 9. BANANLÄGGNINGEN 82
Kap 10. KRAFTFÖRSÖRJNING 89
Kap 11. SIGNALSYSTEM 92
Kap 12. TELEANLÄGGNINGAR 97
Kap 13. BELYSNING 98
Kap 14. STATIONER 99
Kap 15. VAGNAR 111
Kap 16. VAGNHALLAR OCH VAGNVERKSTAD 119
Kap 17. TRAFIKERING OCH DRIFTSFRÅGOR 125
Kap 18. AUTOMATISERING I T-BANAN 129
Kap 19. SÄKERHETSFRÅGOR 132
Kap 20. KOSTNADER 134

Kristianstads Länstryckeri, Kristianstad. 1964

644788


LILJEHOLMEN


HORNSTULL