

N:o 102.

Kungl. Maj:ts nådiga proposition till Riksdagen angående anvisande af medel till inköp af enskilda tillhöriga vattenfall, lämpliga för elektrisk drift å statens järnvägar; gifven Stockholms slott den 23 mars 1906.

Under åberopande af bifogade utdrag af protokollet öfver civilärenden för denna dag, vill Kungl. Maj:t härmed föreslå Riksdagen

dels medgifva, att inköp af sådana, helt eller delvis, i enskild ägo befintliga vattenfall, som inom den närmaste framtiden anses komma att för drift af statens järnvägar erfordras och hvilkas inköp icke utan men för staten anses kunna uppskjutas, må af Kungl. Maj:t beslutas till ett sammanlagdt belopp af intill fem miljoner kronor; samt att den afkastning, samma vattenfall kunna komma att lämna under tiden, intill dess de varda för det med inköpet afsedda ändamålet använda, skall inlevereras till statskontoret för att redovisas under titel extra uppbörd;

dels ock bemyndiga fullmäktige i Riksgäldskontoret att i mån af behof, enligt Kungl. Maj:ts rekvisition, utanordna för ändamålet erforderliga medel intill nämnda summa.

De till ämnet hörande handlingar skola Riksdagens vederbörande utskott tillhandahållas; och Kungl. Maj:t förblifver Riksdagen med all Kungl. nåd och ynnest städse välbevågen.

Under Hans Maj:ts,
Min Allernådigste Konungs och Herres frånvaro:

GUSTAF.

Axel Schotte.

*Utdrag af protokollet öfver civilärenden, hållet inför Hans
Kungl. Höghet Kronprinsen-Regenten i statsrådet å Stock-
holms slott den 23 mars 1906.*

Närvarande:

Hans excellens herr statsministern STAAFF,
Hans excellens herr ministern för utrikes ärendena TROLLE,
Statsråden: TINGSTEN,
 BIESERT,
 friherre MARKS VON WÜRTEMBERG,
 TAMM,
 SIDNER,
 HELLNER,
 SCHOTTE,
 BERG,
 BERGSTRÖM.

Departementschefen, statsrådet Schotte yttrade:

I underdånig skrifvelse den 28 februari 1905 har järnvägsstyrelsen anhållit, att Eders Kungl. Maj:t måtte till den år 1905 församlade Riksdagen aflåta nådig proposition om anvisande af ett anslag å 4,000,000 kronor att i form af ett kreditiv ställas till järnvägsstyrelsens förfogande till inköp af sådana helt eller delvis i enskild ägo befintliga vattenfall, som inom den närmaste framtiden ansåges komma att för drift af statens järnvägar medelst elektricitet erfordras och hvilkas inköp ej utan men för staten kunde uppskjutas, med åliggande för järnvägsstyrelsen att i hvarje särskildt fall underställa frågan Kungl. Maj:ts pröfning.

Innan jag närmare redogör för denna framställning, tillåter jag mig omnämna de undersökningar och utredningar, som föregått densamma.

I skrifvelse den 2 maj 1898 anhöll Riksdagen, att Kungl. Maj:t måtte låta verkställa undersökning och utredning beträffande de mera betydande vattenfall, hvilka helt och hållet eller delvis ansåges vara i statens ägo, som ock om hvilka åtgärder borde från statens sida vidtagas för att dessa naturtillgångar kunde komma landet i dess helhet till godo.

Riksdagens
skrifvelse den
2 maj 1898
ang. utredning
af statens
vattenfall.

Med anledning däraf beslöt Kungl. Maj:t den 9 juni 1899 att åt en kommitté uppdraga att verkställa den begärda utredningen.

Vattenfalls-
kommittén
och dess
uppdrag.

Sedermera blef, genom nådig remiss den 30 juni 1899, till nämnda kommitté öfverlämnad, för att tagas i öfvervägande vid fullgörande af det kommittén lämnade uppdrag, en af generaldirektören och chefen för järnvägsstyrelsen gjord framställning, att åt kommittén måtte uppdragas att utreda, hvilka statens vattenfall hade sådan belägenhet och sådant energiförråd, att de ansåges kunna med fördel användas för alstrande af drifkraft åt statens järnvägar. Efter det kommittén med anledning häraf uppdragit åt professorn i fysik vid Stockholms högskola S. Arrhenius att, jämte kommitténs sekreterare docenten A. Åström, i utlandet inhämta kunskap om sättet för tillgodogörande därstädes af vattenkraft, särskildt för alstrande af elektrisk energi, äfvensom rörande den ställning frågan om användning af elektrisk kraft vid järnvägsdrift kunde anses intaga, samt professorn Arrhenius afgifvit berättelse öfver sin resa, afgaf kommittén den 2 juli 1901 underdånigt utlåtande i förberörda ämne.

I sitt den 17 mars 1903 afgifna betänkande har kommittén i afseende å betydelsen för vårt land af att reservera vattenkraft för statsjärnvägarnas behof framhållit, att sedan frågan om drifvande af järnvägar medelst elektrisk kraft från vattenfall kommit på dagordningen, det vore lätt insedt, att denna fråga icke kunde förfalla eller åsidosättas. Ångkraftens ersättande med elektrisk kraft för drifvande af våra järnvägar vore särskildt för vårt land af så stor och genomgripande betydelse, att åtgärder i sådant syfte ju förr desto hellre borde vidtagas, allra helst den tekniska utförbarheten icke vidare kunde ifrågasättas, äfven om ännu mycket återstode att utreda i detta hänseende. För vårt lands vidkommande funnes särskildt de allra viktigaste omständigheter, som talade för sådan drifts införande. Den ena af dessa vore af betydelse för landets försvar samt näringslivets och kommunikationsväsendets möjligast ostörda funktionerande vid krigstillfällen, den andra vore af nationalekonomisk art. Det vore lätt insedt, för hvilka rubbningar hela

Vattenfalls-
kommitténs
betänkande af
17 mars 1903.

vårt näringslif, våra järnvägsförbindelser och vår sjötrafik skulle blifva utsatta, därest vid krigstillfälle vår stenkolsimport, om också blott för någon kortare tid, blefve afbruten eller i nämnvärd omfattning oroades. Hvarje steg i riktning att göra vårt land oberoende af en dylik eventualitet måste därför anses vara af stor betydelse, äfven om en sådan åtgärd möjligen skulle behöfva köpas med någon tillfällig uppoffring. Men därtill komme den nationalekonomiska fördel, som vårt land skulle draga däraf, att ångan vid järnvägarnas drift ersattes med elektricitet. Vår import af stenkol endast för järnvägarnas behof vore så betydande, att redan en väsentlig inskränkning af densamma skulle medföra en afsevärd förbättring af vår handels- och betalningsbalans. Men vid sådant förhållande låge det också tydligen stor vikt uppå, att de kraftkällor, som kunde anses lämpliga för drifvande af någon del af landets järnvägar, icke borde för industrins eller andra näringars behof tillgodogöras, utan reserveras för ofvan antydda ändamål.

I sitt nyssberörda den 2 juli 1901 afgifna utlåtande öfver chefens för järnvägsstyrelsen framställning anför kommittén följande.

Vattenfalls-
kommitténs
utlåtande den
2 juli 1901
i fråga om
vattenfall
lämpliga för
statens järn-
vägsdrift.

Såsom allmän förutsättning för införande af elektrisk järnvägsdrift kunde framhållas, att nu förekommande stora, af ånglokomotiv framförda tåg syntes böra sönderdelas i smärre, bestående af ett mindre antal vagnar, så att driften komme att blifva i möjligaste mån kontinuerlig. Ju mera detta önskemål kunde uppnås, desto större möjlighet förefunnnes för ett från ekonomisk synpunkt fördelaktigt användande af för ändamålet tillgängliga kraftkällor.

Beträffande frågan om ett vattenfalls läge i förhållande till viss järnvägslinje, inhämtades af professor Arrhenius' omnämnda berättelse, att det största afstånd från kraftkällan, på hvilket elektriska tåg för närvarande kunde med ekonomiskt gynnsamt resultat framföras, vore 200 à 250 kilometer. Därest ett vattenfall hade den gynnsammast möjliga belägenhet omedelbart invid en järnvägslinje, skulle detsamma alltså kunna förse denna med elektrisk kraft på en sträcka af 400 à 500 kilometer, hälften i hvardera riktningen. Då emellertid endast få vattenfall torde hafva ett sådant läge, uppstode den viktiga frågan, inom hvilket afstånd från en järnvägslinje ett vattenfall borde vara beläget för att kunna för berörda ändamål användas. Att för besvarandet häraf uppställa en allmän regel ansåge kommittén för sin del vanskligt och mer eller mindre godtyckligt. Men ehuru berörda fråga, enligt kommitténs uppfattning, alltså måste blifva föremål för teknisk och ekonomisk utredning för hvarje särskild järnvägsanläggning, som kunde komma att förses med elektrisk kraft från vattenfall, ville kommittén likväl framhålla

de allmänna synpunkter, som varit för kommittén i förevarande hänseende bestämmande. Då ledningen från kraftkällan till närmaste punkt på järnvägslinjen utan direkt nytta för järnvägsdriften ökade anläggningskostnaden, borde sagda ledning icke öfverstiga mot denna kraftkällas storlek proportionell del af hela ledningens längd, så att det afstånd från en järnvägslinje, på hvilket ett vattenfall borde vara beläget för att kunna användas för elektrisk järnvägsdrift, berodde på storleken af fallets energiförråd. Ju mindre detta vore, på desto mindre afstånd från järnvägslinjen måste fallet vara beläget för att kunna för sagda ändamål användas. Vattenfall, belägna på långt afstånd från järnvägslinjen, kunde komma till användning endast under den förutsättning, att de hade ett stort energiförråd. På grund däraf hade kommittén i sin förteckning å för ändamålet lämpliga vattenfall sålunda upptagit bland andra Harsprånget, ehuru detta vore beläget på ett afstånd af omkring 40 kilometer från statsbanan Luleå—Riksgränsen, men däremot uteslutit sådana vattenfall, hvilkas energiförråd ej synts stå i lämpligt förhållande till afståndet från närmaste järnvägslinje. Hvad särskildt beträffade nyssnämnde linje, Luleå—Riksgränsen, hade kommittén, då tillgången på lämpliga vattenfall i dess närhet vore synnerligen riklig, i förteckningen upptagit ett rätt stort antal sådana, oaktadt det icke synts kommittén otänkbart, att hela denna järnvägslinje skulle kunna förses med elektrisk drifkraft från den betydande kraftkällan Harsprånget med eller utan tillhjälp af bredvid liggande vattenfall, samt lämnat åt den särskilda tekniska utredning, som måste föregå det slutliga afgörandet men som låge utom området för kommitténs uppgift, att bestämma, hvilka bland dessa vid utförandet borde föredragas.

Hvad vidare anginge frågan om det energiförråd, som ett vattenfall borde äga för att i angifna afseende kunna tagas i betraktande, tillåte sig kommittén framhålla, att, då under i öfrigt likartade förhållanden *en* större vattenkraftsanläggning i allmänhet kunde inrättas och drifvas med mera gynnsamt ekonomiskt resultat än flera mindre anläggningar med tillhopa motsvarande hästkraftantal, och då, såsom förut anförts, under vissa förhållanden en del af ledningarna från de för elektrisk järnvägsdrift inrättade vattenkraftsanläggningarna utan direkt nytta för järnvägsdriften ökade anläggningskostnaden, så vore det påtagligt, att vattenfall, som tillgodogjordes för ifrågavarande ändamål, borde vara tämligen anseeliga. Kommittén hade fördenskuil ansett, att ett sådant vattenfall om mindre än 1,500 naturhästkrafter vid lågvattenstånd i regel icke vore ägnadt att här tagas i beräkning.

Utom de staten helt tillhöriga vattenfall, som kunde för järnvägs-

drift komma till användning, funnes äfven några andra för samma ändamål lämpliga, i hvilka staten endast ägde del. Då statens andel i dessa senare vattenfall möjligen kunde med fördel tillgodogöras eller fråga kunde uppstå om förvärf för staten af dessa vattenfall i deras helhet, hade kommittén ansett sig böra i sin förteckning upptaga äfven dessa med angifvande af storleken af statens andelar i desamma, så vidt kunskap härom kunnat af kommittén vinnas. Vidare vore att iakttaga, att för drifvande af järnvägar medelst elektricitet erfordrades ett året om särdeles konstant kraftförråd. Den kraft, som de flesta af landets vattenfall alstrade, vore emellertid mycket växlande, beroende på det synnerligen varierande vattenståndet i älfvorna. Fördenskuil kunde ifrågasättas, huruvida för nu afsedda ändamål annan del af ett vattenfalls energiförråd kunde komma till användning än den, som under årets alla månader vore att påräkna. Men då det kunde tänkas blifva ekonomiskt fördelaktigt att i vissa fall för järnvägsdrift använda det större kraftbelopp, som konstant under endast en del af året, exempelvis 8 à 9 månader, finnes tillgängligt, under det att ångkraft användes för utfyllande af bristen, hade kommittén ansett sig böra för de särskilda vattenfallen lämna uppgift om dels den kraft, som under årets alla månader kunde från dem påräknas, och dels den kraft, som kunde från dem erhållas under endast 8 à 9 månader af året; och detta så mycket hellre som genom framtida reglering af en del vattendrag det senare eller högre kraftbeloppet syntes i fråga om många vattenfall kunna uppdrifvas till ett under hela året jämförelsevis konstant minimum.

Den verkställda utredningen utvisade, att statens tillgång på vattenfall, lämpliga för elektrisk järnvägsdrift, till största delen vore belägna i Norrbottens, Västerbottens och Jämtlands län. Härförutom funnes ett sådant vattenfall — Landaforsen — i Gäfleborgs län samt två — Laholmsfallet och möjligen Karseforsen — i Hallands län. Från dessa vattenfall syntes endast följande linjer af statsjärnvägarna, helt eller delvis, kunna förses med elektrisk kraft, nämligen: statsbanan Luleå—Riksgränsen, stambanan genom öfre Norrland, statsbanan Bräcke—Storlien, stambanan genom nedre Norrland och statsjärnvägarna vid Sveriges västkust. Härförutom hade kommittén fäst sin uppmärksamhet därå, att, om linjen Kiirunavaara—Riksgränsen skulle komma att drifvas med elektrisk kraft, jämväl den ifrågasatta bibanan Kiirunavaara—Svappaavaara sannolikt torde blifva anordnad med samma slags drifkraft, hvarför kommittén i förteckningen upptagit ett vattenfall i Torne älf såsom lämplig kraftkälla för berörda ändamål.

I enlighet med sin sålunda angifna uppfattning hade kommittén

upprättat en förteckning öfver de staten helt eller delvis tillhöriga vattenfall, som skulle lämpa sig för alstrande af elektrisk drifkraft för staten tillhöriga järnvägar; och vore dessa i förteckningen ordnade dels efter de järnvägslinjer, för hvilkas drifvande de af kommittén ansetts lämpliga, och dels efter de skilda flodsystem, som de tillhörde, samt i den ordning, hvori de förekomme, räknadt från källflödena. Därjämte hade kommittén å en öfversiktskarta låtit utmärka ifrågavarande vattenfall med beteckningar, utvisande deras viktigaste tekniska och rättsliga förhållanden.

Berörda förteckning upptager följande 25 vattenfall, hvilka närmare beskrifvits, nämligen:

Nakerijärvis s. k. döda fall, Tarrakoski, Vakkokoski, Ropivaarakoski, Levasjoensuukoski, Rautassaarikoski och Paurangikoski, alla dessa tillhörande Torne älfs flodsystem, Porjusfallen, Harsprånget, Liggakuojka, Porsiforsen och Edeforsen i Stora Lule älf, Storforsen, Fällforsen och Jönsforsen i Pite älf, Granbergforsen, Vargforsen och Kusforsen i Skellefte älf, Ristafallen, Hjärpeforsen, Kattstrupeforsen och Hammarforsen, tillhörande Indalsälvens flodsystem, Landaforsen i Ljusne älf samt Karseforsen och Laholmsfallet i Lagan.

Sedan Kungl. Maj:t genom nådig remiss den 4 oktober 1901 anbefallt järnvägsstyrelsen att inkomma med det förslag i ämnet, hvartill vattenfallskommitténs utredning kunde föranleda, har styrelsen i underdånigt utlåtande den 23 december 1902 anfört följande.

För vinnande af en verklig öfverblick af den föreliggande viktiga frågan, hade styrelsen ansett sig böra låta undersöka, huruvida icke äfven andra kraftkällor än statens vattenfall med fördel skulle kunna användas för alstrande af drifkraft på statens järnvägar, nämligen såväl i enskild ägo befintliga vattenfall, hvilka genom sin belägenhet i vissa fall till och med kunde äga företräde framför statens, som ock i närheten af statsbanorna belägna större torfmossar, å hvilka kraftstationer kunde upprättas för tillgodogörande af torfvens bränslevärde till alstrande af elektrisk ström. Därjämte hade styrelsen velat förskaffa sig kännedom om resultaten af elektroteknikens särdeles snabba framsteg under de senaste två åren, särskildt hvad beträffade dess användande vid järnvägsdrift. I ändamål att erhålla upplysningar om nyssnämnda kraftkällor hade styrelsen dels anmodat civilingenjören J. Gustaf Richert att lämna redogörelse öfver i statens järnvägars närhet belägna, lämpliga vattenfall, dels genom landtbruksstyrelsens bemedling fått under någon tid disponera öfver statens torfingenjör för verkställande af undersökning rörande en del invid statsbanan befintliga torfmossar; och hade

Järnvägs-
styrelsens
utlåtande den
23 december
1902 öfver
vattenfalls-
kommitténs
utredning ang.
för järnvägs-
drift lämpliga
vattenfall.

båda dessa sakkunnige till järnvägsstyrelsen inlämnat rapporter. För vinnande af kännedom om elektroteknikens nuvarande ståndpunkt i hvad den berörde järnvägsdriften, hade järnvägsstyrelsen visserligen haft tillgång till de yttranden i detta ämne, som på grund af företagna studieresor afgifvits såväl af professorn Arrhenius som af järnvägsstyrelsens ingenjör A. Lundberg. Men dels hade dessa utlåtanden varit af mera generell natur och ej innehållit ingående beräkningar öfver frågans ekonomiska innebörd för vårt land, dels hade högst väsentliga tekniska framsteg gjorts under den tid, som gått sedan dessa utlåtanden afgåfvos. Då en ny utredning därför varit nödvändig hade järnvägsstyrelsen af särskildt sakkunnig, civilingenjören Robert Dahlander, inhämtat erforderliga upplysningar. Utaf dessa såväl som af de båda andra sakkunnigas utlåtanden samt af hvad i öfrigt i frågan upplysts, syntes det styrelsen ådagalagdt, att den elektriska driften utan olägenhet kunde införas på en linje, där ångdrift begagnades, utan att denna senare därför måste upphöra; att numera den elektriska driften icke påfordrade något frångående af det vid ångdrift lämpliga trafikeringsättet med koncentrerings af trafiken i ett mindre antal tåg och att sålunda nödvändigheten att i och med införandet af den elektriska driften förändra detta trafikeringsätt till ett sådant med många och små tåg icke föreläge; samt slutligen att fullt tillräckliga kraftkällor för den elektriska driften syntes förefinnas på lämpliga afstånd från hvarandra och från järnvägen utefter alla statsbanelinjerna. I norra och mellersta Sverige utgjordes dessa kraftkällor af vattenfall, i södra Sverige dels af vattenfall och dels af torfmossar.

Då sålunda något hinder i tekniskt afseende ej syntes möta för införandet, om så vore, på hela statsbanenätet af elektrisk drift, hade styrelsen låtit verkställa en utredning af den ekonomiska delen af frågan, hvarvid styrelsen anlitat nyssnämnda ingenjören Dahlander såsom sakkunnigt biträde. Denna ekonomiska utredning gäfvade vid handen, att om på en bansträcka, hvars trafikintensitet och omkostnader för drift och underhåll motsvarade de nuvarande förhållandena i medeltal vid samtliga statens järnvägars linjer, ångdriften förändrades till elektrisk drift, och därvid ångmaterielen utbyttes mot elektrisk rörlig materiel till samma värde, så blefve de årliga utgifterna för $3\frac{1}{2}$ % ränta å det för kraftkällan och den fasta delen af den elektriska installationen utgifna kapitalet samt kostnaderna för underhåll och försliten materiels ersättande med ny, jämte öfriga genom den elektriska driften framkallade kostnader, i det närmaste lika med de utgifter för ångdrift, som samtidigt bortfölle. Denna likhet förutsatte visserligen ett så högt pris på stenkol som nära

20 kronor per ton, men i betraktande af den kända omständigheten, att den elektriska driften blefve i proportion till trafikmängden allt billigare ju mera trafiken växte, och därjämte af den stora sannolikheten, att elektroteknikens framsteg äfven komme att gå i riktning af minskade kostnader vid den elektriska järnvägsdriften, samt slutligen däraf, att en höjning af stenkolspriset utöfver det pris af 15 à 17 kronor per ton, som för närvarande betingades, väl vore att förvänta, syntes äfven i ekonomiskt hänseende intet bestämdt hinder möta för införande på statens järnvägar af elektrisk drift. Vid sådant förhållande vore också lösningen gifven af det viktiga nationalekonomiska problemet, att göra statens järnvägars drift oberoende af utländskt bränsle genom utnyttjandet af vattenfallens kraft och torfbränslets tillgodogörande på ett fullt rationellt sätt. Torffältens exploaterande för anskaffande af bränsle på lokomotiv framstode vid sidan däraf endast såsom ett lämpligt palliativ, intilldess den elektriska driften hunnit genomföras. På grund häraf vill järnvägsstyrelsen såsom sin bestämda åsikt uttala, att ersättandet i vidsträckt mån af ångdriften med elektrisk drift på statens järnvägar vore en åtgärd, som ej finge underlätas eller undanskjutas, ty den nationalekonomiska vinst, som denna åtgärd innebure, vore af så stor betydelse, att i jämförelse därmed den vinst, som vid ångdrift möjligen skulle kunna ernås på grund af låga stenkolspris, ej finge vara afgörande.

Huru mycket än bruste i teknisk fullkomning af äfven de bästa nu kända systemen för elektrisk drift, kunde ofullkomligheterna därvid dock ej föranleda till tvekan om, huruvida vägen till utbyte af drifkraft på statens järnvägar borde beträdas, utan endast till noga öfvervägande om, i hvilken ordning detta borde ske och när början därmed borde göras. Då vore först att lägga märke till, hurusom — med hänsyn till det ofantligt stora kapital, som måste ytterligare nedläggas på statens redan trafikerade järnvägar, om de i sin helhet skulle omgestaltas till elektrisk drift — reformen kräfde en lång tid samt ett varsamt och systematiskt införande. Redan denna omständighet manade till att så fort som möjligt skrida till verket, ty i viss mån måste hvarje år, som intilldes förflöte, anses medföra en nationalekonomisk förlust, en försummelse att göra en del af landets tillgång på vattenkraft fruktbarande. Men dessutom måste äfven tillses, att de vattenfall, som vore lämpligast för järnvägsdriften, äfven i tid åt densamma reserverades och ej toges i anspråk för industrien i större mån, än hvad som med hänsyn till järnvägarnes framtida behof kunde medgifvas, en sak, som äfven gällde i fråga om de i järnvägarnes närhet befintliga torfimossarna. Mot det ofördröjligen påbörjandet af reformens successiva införande, för hvilket

desså båda omständigheter talade, syntes endast kunna invändas, att det måhända vore skäl att vänta med äfven det varsammaste steg från önskingar till verklighet, intilless från utlandet rikare erfarenhet kunnat samlas. Men hur lärarik än en sådan erfarenhet kunde blifva och hur nödvändigt det än vore, att den med noggrannhet inhämtades, så vore dock vårt lands förhållanden i det ifrågavarande afseendet så säregna, att den utländska erfarenheten ingalunda ensamt kunde blifva vägledande. Så till exempel vore i Tyskland elektroteknikernas uppmärksamhet för närvarande framförallt riktad på att söka uppnå en för vårt land tills vidare umbärlig, högt uppdrifven hastighet hos snälltåg. I Italien och Schweiz ställde trafikförhållandena, på grund af den ofantligt stora persontrafiken, delvis andra fordringar på den elektriska driften än i Sverige; och äfven hvad som vore att lära från Förenta Staterna måste säkerligen noga skärskådas och här i landet afprovvas efter våra förhållanden, innan det på allvar infördes. Det syntes järnvägsstyrelsen vara illusoriskt att hoppas finna ett fulländadt utländskt mönster af elektrisk järnvägsdrift, som utan vidare kunde i Sverige införas såsom i allt lämpligt att ersätta ångdriften, och att vänta därpå skulle endast föra till ett ofruktbart och därför äfven olämpligt uppskof. Järnvägsstyrelsen, som i enlighet med det sålunda anförda hade utarbetat en plan till åtgärders vidtagande redan under den närmaste framtiden för påbörjande med införandet af elektrisk drift på statens järnvägar, ville såsom en följd af det anförda framhålla nödvändigheten af, att inga staten tillhöriga vattenfall afhändes, utarrenderades eller delvis eller helt och hållet toges i anspråk för annan industri, utan att först hänsyn tagits till och noga blifvit utredt, i hvilken utsträckning de lämpligen borde användas för järnvägsdrift på statsbanorna.

På statsrådets och chefens för jordbruksdepartementets föredragning den 20 mars 1903 af vattenfallskommitténs förberörda underdåniga utlåtande och järnvägsstyrelsens i anledning därpå afgifna yttrande fann Kungl. Maj:t för det dåvarande icke skäl till annan åtgärd än att till domänstyrelsens kännedom meddela hvad som i ämnet förekommit.

Emellertid hade järnvägsstyrelsen, samtidigt med sitt förut omnämnda underdåniga utlåtande den 23 december 1902, i särskild underdånig skrifvelse af nyssnämnda dag afgifvit förslag för tillvägagående vid införande af elektrisk drift å statens järnvägar. Styrelsen anförde därvid, att det första steget, som borde tagas, syntes vara anordnandet af grundliga förstudier angående de nyaste förbättringarna dels i ledningar för kraftöfverföring medelst mycket hög spänning och på längre afstånd, dels i konstruktionen af elektriska lokomotiv för drift medelst växelström och

Järnvägsstyrelsens
framställning
den 23 dec.
1902 ang.
tillvägagående
för införandet
af elektrisk
drift å statens
järnvägar.

dels i anordningar för arbetsackumulering å lokomotivet, hvarigenom detta sattes i stånd att gå kortare sträckor utan strömtillförsel från någon ledning, hvarjämte kännedom borde tagas om senaste erfarenheter rörande elektrisk järnvägsdrift i allmänhet.

Sedan dessa förstudier, som gifvetvis måste utföras af sakkunnig person och i samband med studieresor såväl i Europa som i Nord-amerikas Förenta Stater, afslutats, syntes beslut kunna fattas angående hvilket elektromotoriskt system, som i hufvudsak borde införas, hvar-efter styrelsen med tillhjälp af sakkunnigt biträde skulle låta utarbeta förslag till utförandet af sådana elektriska anläggningar å någon kortare bansträcka, vid hvilken sedermera, under styrelsens kontroll, försök skulle utföras i ändamål att fastställa de tekniska detaljerna.

Styrelsen hade tänkt att medhinna utarbetandet af förslag till anordnandet af en sådan försöksbana under loppet af år 1903, för att i slutet af nämnda år kunna till Kungl. Maj:t inkomma med underdånig framställning om anskaffande af därtill erforderliga medel. Under år 1904 skulle beställning och installation af den elektriska materielen till försöksbanan äga rum, och försöken därstädes påbörjas samt sedermera fortsättas under år 1905. Samtidigt därmed, och i den mån erfarenheten af försöken hunne tillgodogöras, skulle detaljeradt förslag utarbetas till införandet af elektrisk drifkraft i större utsträckning å vissa bandelar, som särskildt lämpade sig för ändamålet, och frågor om inköp eller disposition af enskildes vattenfall och torfinossar utredas. På grund däraf anhöll styrelsen att få under år 1903 använda ett belopp af 15,000 kronor till aflöning åt sakkunnig ingenjör, studieresor m. fl. förberedande arbeten.

Genom nådigt bref den 6 februari 1903 erhöll styrelsen sådant bemyndigande; och har Kungl. Maj:t sedermera enligt nådiga bref den 31 december 1903, den 16 december 1904 och den 30 december 1905 lämnat järnvägsstyrelsen enahanda bemyndigande jämväl för åren 1904, 1905 och 1906.

Vidare tillåter jag mig erinra att, sedan Kungl. Maj:t, i anledning af en utaf järnvägsstyrelsen i underdånig skrifvelse den 10 december 1903 gjord hemställan, föreslagit 1904 års Riksdag att, för anställande af försök med elektrisk järnvägsdrift å statsbanorna, för år 1905 på extra stat bevilja ett anslag å 425,000 kronor, med rätt för Kungl. Maj:t att låta förskottsvis under år 1904 af tillgängliga medel utanordna detta belopp, denna framställning blifvit af Riksdagen enligt skrifvelse den 9 mars 1904 bifallen, hvarefter Kungl. Maj:t genom nådigt bref den 8 april 1904 ställt berörda belopp till järnvägsstyrelsens förfogande.

Riksdagens
anslag till
elektrisk för-
söksdrift.

Järnvägs-
styrelsens
framställning
ang. åtgärder
för inköp af
vattenfall från
enskilda den
28 februari
1905.

I sin förstberörda underdåniga skrifvelse den 28 februari 1905 har nu järnvägsstyrelsen anfört följande: Då en stor del af de vattenfall, som för elektrisk drift af statsbanorna vore mest lämpliga, befunne sig i enskild ägo, vore det, såsom järnvägsstyrelsen förut framhållit, nödvändigt, att dessa vattenfall i tid reserverades för berörda ändamål och ej togos i anspråk för industrien i större mån, än som med hänsyn till statens järnvägars framtida behof kunde medgifvas, hvilket äfven gällde i fråga om de i järnvägens närhet befintliga torfinossarna. Beträffande dessa sistnämnda syntes emellertid någon brådska för ögonblicket icke vara för handen, enär dels full klarhet ännu ej vunnits beträffande lämpligaste sättet att omsätta torfvens bränslevärde till elektrisk energi, dels torfven redan nu kunde, om ock i mindre utsträckning, användas för järnvägsdrift genom dess direkta förbränning i lokomotivpannorna, dels ock slutligen därför, att den elektriska ström, som alstrades i kraftstationen å torfinosse på torfteknikens nuvarande ståndpunkt ställde sig ej obetydligt dyrare än ström från vattenkraftsstation, hvarför vattenfallen för närvarande erbjöde bättre ekonomiska förutsättningar för elektrisk järnvägsdrift än torfinossarna. Hvad däremot vattenfallen beträffade, ansåge järnvägsstyrelsen nödvändigt, att snarast åtgärder vidtoges för att tillförsäkra staten äganderätt till en del sådana, helt eller delvis i enskild ägo befintliga, fall, som vore för ändamålet mest erforderliga och som i annat fall torde komma att inom den närmaste framtiden tagas i anspråk för industriella ändamål, hvarigenom vid deras framtida öfvertagande af staten priset komme att blifva mångfaldigt högre, än om staten i tid hade försäkrat sig om äganderätten till desamma. Det kunde måhända synas, som om resultaten af de nu omedelbart förestående försöken med elektrisk järnvägsdrift, till hvilka på Kungl. Maj:ts framställning Riksdagen beviljat medel, borde afvaktas, innan åtgärder vidtoges från statens sida för inköp af vattenfall. Enligt järnvägsstyrelsens förmenande funnes dock synnerligen viktiga skäl för att icke vänta med inköp af erforderliga vattenfall. Införandet af elektrisk drifkraft å större delar af statsbanorna vore nämligen enligt järnvägsstyrelsens uppfattning endast en tidsfråga. Genom de i utlandet på senaste tiden gjorda försöken kunde frågan om elektrisk järnvägsdrift anses såsom löst, och vore sådan drift redan praktiskt genomförd å bland andra följande järnvägar: Murnau—Oberammergau i Bayern, Innsbruck—Fulpmes i Tyrolen och Lecco—Colico—Sondrio—Chiavenna i Italien. Försöken å bandelarna Tomteboda—Värtan och Stockholm—Järfva afsåge hufvudsakligen att samla erfarenhet för fastställande af de för våra förhållanden lämpligaste

detaljanordningarna, hvartill äfven hörde den elektriska strömmens användande för tågens belysning, uppvärmning och bromsning. Men de afsåge äfven att utröna den högsta ur säkerhetssynpunkt lämpliga kontaktledningsspänningen och andra omständigheter, som inverkade förbättrande på de ekonomiska förutsättningarna för elektrisk järnvägsdrift, och att utröna banströmmarnas inverkan på längs järnvägen löpande telegraf- och telefonledningar samt sätten att förebygga olägenheter genom dessa strömmar.

Såsom styrelsen redan i sin förberörda underdåniga skrifvelse den 23 december 1902 i fråga om åtgärders vidtagande för införande af elektrisk drift å statens järnvägar antydt, vore det styrelsens afsikt att, i den mån erfarenheten af försöken hunne tillgodogöras, utarbeta och till Kungl. Maj:t inkomma med detaljeradt förslag till införande af elektrisk drifkraft i större utsträckning å vissa bandelar, som särskildt lämpade sig för ändamålet.

Efter omförmälande i sina hufvuddrag af en upprättad plan för den elektriska drifkraftens införande, anför styrelsen följande:

Genom att redan nu börja inköpa sådana i enskild ägo befintliga vattenfall, som vid elektrisk drifts införande i första rummet kunde komma i fråga, skulle staten endast riskera att under några år få vara utan ränta på det utlagda kapitalet. Det vore däremot att vänta, att, om sådant köp ej mycket snart komme till fullbordan, skulle för åtskilliga fall det pris, som staten längre fram måste erlägga, dels genom spekulation och dels genom anläggningars utförande blifva så afsevärdt högre än det pris, hvartill köpeaftal nu kunde träffas, att vid jämförelse därmed de nyss förutsatta ränteförlusterna blefve af ingen betydelse. Järnvägsstyrelsen ansåge ej lämpligt eller ens möjligt att nu uppgifva hvilka vattenfall som närmast åsyftades, och detta tilldels af det skäl, att ett sådant utpekande skulle gifva anledning till spekulation och däraf följande prisstegring, hvilket det just varit styrelsens afsikt att i möjligaste mån undvika, utan hade styrelsen tänkt sig att, om medel blefve för ändamålet af Kungl. Maj:t och Riksdagen anvisade, styrelsen sedan skulle äga att inkomma till Kungl. Maj:t med underdånig framställning för hvarje särskildt fall.

Beträffande storleken af den summa, som för ändamålet kunde komma att erfordras, vore det naturligen omöjligt göra några exakta beräkningar. Uppskattningsvis ansåge dock styrelsen, att en summa af 4,000,000 kronor skulle vara tillräcklig för hvad som under de närmaste åren kunde blifva nödvändigt att köpa, och ville styrelsen därvid framhålla, att styrelsen ej vore i tillfälle att nu föreslå användandet af någon

större del af detta belopp, utan ansåge hufvudvikten ligga däruti, att möjlighet bereddes till ett snabbt ingripande i de fall, då styrelsen funne, att sådant vore nödvändigt för tillvaratagandet af statens intresse i fråga varande afseende. Af detta skäl hade styrelsen äfven tänkt sig, att nämnda summa lämpligen borde beviljas i form af ett kreditiv.

Järnvägsstyrelsens
framställning den
10 mars 1906.

Järnvägsstyrelsens förevarande framställning hann icke föreläggas fjorårets riksdag, men har styrelsen nu i skrifvelse den 10 mars 1906, under framhållande af, att efterfrågan på större vattenfall blifvit synnerligen liflig under det år, som förflutit, sedan styrelsens underdåniga framställning af den 28 februari 1905 gjordes, och att således de omständigheter ännu tydligen förelåge, som gifvit styrelsen anledning till sistnämnda framställning, nämligen önskvärdheten att kunna åt staten i god tid betrygga besittningen af sådana vattenfall, som vore behöfliga för införande af elektrisk drift å statens järnvägar, anhållit, att Kungl. Maj:t täcktes taga under ompröfning, huruvida icke nådig framställning i berörda syfte lämpligen borde framläggas för den nu församlade Riksdagen. Den på senaste tiden ytterst lifliga spekulationen i sådana vattenfall, som lämpade sig för större anläggningar, och de däraf föranledda stigande anspråken hos sådana vattenfalls ägare hade emellertid hos järnvägsstyrelsen framkallat farhåga, att det förlidet år begärda beloppet fyra miljoner kronor, icke skulle visa sig tillräckligt för att förvärfa de vattenfall, som närmast afsåges; och funne sig järnvägsstyrelsen därför manad att göra hemställan om nyssnämnda belopps höjande till fem miljoner kronor.

Departementschefens
redogörelse för nyare
erfarenheter i andra länder
ang. elektrisk järnvägsdrift.

Innan jag yttrar mig om järnvägsstyrelsens förevarande förslag, anhåller jag, till komplettering af den handlingarna vidfogade skrifvelsen från ingenjören Dahlander af december 1902, att få delgifva Kungl. Maj:t en del upplysningar rörande den elektriska järnvägsdriftens nuvarande ståndpunkt i allmänhet, de resultat, som i hufvudsak vunnits vid de hittills anställda försöken här i Sverige, äfvensom en del andra på frågan om lämpligheten af elektrisk drift i större omfattning å statens järnvägar inverkan faktorer — alla dessa upplysningar och uppgifter inhämtade i Kungl. järnvägsstyrelsen och af ledaren af styrelsens försöksarbeten rörande elektrisk järnvägsdrift, förenämnde ingenjören Dahlander.

Sedan flera år tillbaka har elektrisk järnvägsdrift medelst *likriktad ström* med framgång användts, hufvudsakligen vid banor med liflig persontrafik, hvarest det varit lämpligt att låta små af motorvagnar med eller utan släpvagnar bestående tåg afgå med korta tidsintervaller,

men äfven i en del fall för drifvande af tunga tåg och för godstrafik, särskildt vid banor med långa tunnlar, hvarest användandet af ånglokomotiv varit så godt som omöjligt till följd af den af dessa alstrade röken. I Nordamerikas Förenta Stater finnes ett vidt utgrenadt nät af sådana elektriska järnvägar för lokal personbefordran, och äfven i Europa finnas numera många sådana anläggningar, i allmänhet afsedda att förmedla de stora städernas trafikbehof, utförda dels såsom förstadsbanor, förbindande staden med bostads- eller industrisamhällen i dess närhet, dels såsom underjordiska eller upphöjda banor, som gå in i själfva stadens centrum. För banor af detta slag, vid hvilka afstånden i regel äro korta, har den likriktade strömmen visat sig både ur teknisk och ekonomisk synpunkt synnerligen lämplig. Vid längre banor, hvarest persontrafiken ej är nog stark att tillåta insättandet af ett stort antal små tåg, och vid hvilka godstrafik i större utsträckning förekommer, uppnår man snart en gräns, vid hvilken elektrisk drift medelst likriktad ström ställer sig ekonomiskt ogynnsammare än drift med ånglokomotiv. Orsaken härtill är att söka uti likströmssystemets låga spänning, i allmänhet ej mer än 500—700 volt, som förorsakar stora strömstyrkor och dyrbara ledningar. Då de stora strömstyrkorna omöjliggjort eller åtminstone betydligt försvårat strömmens öfverförande till motorerna medelst vanliga trådleddningar, har man vid åtskilliga sådana banor användt den s. k. tredje skenan, en invid spåret förd isolerad, strömförande skena, mot hvilken vid motorvagnarna eller lokomotiven anbragta kontakt-skor släpa. Till följd af skenans stora area underlättas öfverförandet af de erforderliga stora strömstyrkorna, hvarjämte den tredje skenan erbjuder större mekanisk styrka än trådleddningen. Däremot har en hel del olägenheter uppstått, såsom att i kalla klimat starka snöfall och isbildning på skenan ofta försvåra kontakten, att svårigheter förefinnas för strömledningen vid större stationer samt att — och detta torde vara den viktigaste betänkligheten — den inom räckhåll såväl för banbevakningen som i vissa fall äfven för passagerarna befintliga strömförande skenan trots vanligen använda skyddsanordningar visat sig vara ganska farlig. Vid användning af den tredje skenan torde därför någon väsentlig höjning af drift-spänningen, utöfver den nu vid likströmsbanor vanliga, ej kunna komma i fråga. Däremot har man på senaste åren vid användning af luftkontaktledning gjort försök att, såsom t. ex. medelst seriekoppling af motorer och införandet af treledare-system, höja den vid likström användbara drift-spänningen, hvarigenom utan tvifvel afsevärd och för många ändamål tillräcklig förbättring i ekonomiskt afseende vinnes. Emellertid förefinnes nog ringa sannolikhet att på denna väg ernå gynnsamma resultat för banor med så svag genomsnittstrafik som de svenska.

En annan väg finnes emellertid, som anses komma att föra till målet. Det står nämligen fast, att medelst *växelström* höga spänningar med vida större lätthet, än hvad fallet är med likriktad ström, kunna såväl frambringas som omsättas till ström af låg spänning och således vida lättare fortledas och på mångsidigt sätt tillgodogöras för olika ändamål. Till följd häraf har för vanlig elektrisk arbetsöfverföring på långa afstånd växelström visat sig jämförligt fördelaktigast; och det är gifvet, att dessa egenskaper äfven skola göra det önskvärdt att kunna använda växelströmmen för järnvägsdrift. I betraktande däraf att man ända till för ungefär 4 år sedan ej kände några andra för olika ändamål fullt användbara växelströmsmotorer än sådana för fler-fas-ström och speciellt dess enklaste form tre-fas-ström, är det naturligt, att det först var denna art växelström, som kom att försökas för järnvägsdrift. Den första järnväg med tre-fas-ström blef färdig år 1899 och utfördes af firman Brown, Boveri & C:o i Schweiz mellan Burgdorff och Thun, en längd af 40 km. Här användes en högtensionsledning med 16,000 och en kontaktledning med 750 volt. Den mest betydande och märkliga tre-fas-bana, som sedan dess blifvit byggd, är den s. k. Valtellinabanan i norra Italien, utförd af den ungerska firman Ganz & C:o. Denna bana, som blef färdig år 1902, har en längd af 106 km och en kontaktlednings-spänning af 3,000 volt. Både denna och Burgdorff—Thun-banan tjänst-göra såväl för person- som godstrafik, och hafva dessa anläggningar arbetat mycket tillfredsställande. Vid Valtellinabanan förekomma lika stora tågvikter och hastigheter som vid vanliga hufvudbanor, och ha de nyaste elektriska lokomotiven därstädes en effekt af öfver 1,000 hkr hvardera. Utom dessa båda anläggningar, användes tre-fas-ström vid de bekanta försöken med 200 km hastighet å banan Marienfelde—Zossen invid Berlin, hvarvid hvarje motorvagn hade en effekt af 2,000—3,000 hkr. Man kan således säga, att tre-fas-växelströmmen redan är med framgång pröfvad för elektrisk järnvägsdrift. Icke desto mindre har denna strömart en del olägenheter, som göra, att den, ehuru i många fall använd-bar, dock icke är fullt lämplig för järnvägsdrift under alla förhållanden.

Först och främst är tre-fas-motorn, praktiskt taget, en motor för konstant hastighet, och kan nedsättning af hastigheten under den normala endast fås antingen genom inkoppling af motstånd, hvarvid verknings-graden nedsättes i samma proportion som hastigheten, eller medelst mycket komplicerade anordningar (tandem- eller pol-omkoppling), som dock endast kunna åstadkomma sprängvis ändring till en eller högst två lägre hastighetsgrader. Man måste således säga, att tre-fas-motorns hastig-hetsregleringsförmåga är otillfredsställande. Vidare är att märka, att

en arbetsöfverföring medelst tre-fas-ström kräfver tre ledningar, så att om skenorna, såsom vanligen är fallet, användas som ena ledningen, kräfväs dock alltid för järnvägsdrift med sådan ström två från hvarandra isolerade kontakttrådar. Härigenom förorsakas dels komplicerade ledningsanordningar vid växlar och korsningar å stationer, dels en viss begränsning af kontaktledningsspänningens höjd. Till följd af dessa orsaker har trefassystemet för bandrift icke fått någon utbredning i Amerika, som eljest i hög grad är de elektriska järnvägarnas land. Däremot kom år 1902 från detta land första uppslaget till det nya systemet för användandet af *en-fas växelström för bandrift*, till hvilket nu så stora förhoppningar ställas.

Den enkla en-fasiga växelströmmen har i årtal användts vid anläggningar, afsedda hufvudsakligen för belysning, för hvilket ändamål den är lämpligare än tre-fas-ström. För arbetsöfverföring har en-fas-ström däremot ej kunnat användas annat än vid drift af små motorer från belysningscentraler till följd af den en-fasiga induktionsmotorns stora underlägsenhet under tre-fas-motorn, bestående däruti, att den endast har ett mycket obetydligt kraftpar vid igångsättning, ej tillåter någon hastighetsreglering, har sämre verkningsgrad samt är tyngre och dyrare än en tre-fas-motor för samma effekt. Ända till de allra sista åren har ingen annan motor för en-fasig ström funnits än denna induktionsmotor. Det var visserligen känt, att en vanlig likströmsseriemotor kunde arbeta med växelström, om magnetfältet utfördes laminerad i stället för massivt till förebyggande af allt för stora hvirvelströmsförluster med åtföljande uppvärmning, men sådana motorers praktiska användning omöjliggjordes genom den starka gnistbildningen vid maskinens strömsamlare. Emellertid tillkännagaf cheffingenjören Lamme vid det stora elektriska Westinghousebolaget i Pittsburg i ett föredrag i september 1902, att det lyckats honom att öfvervinna dessa svårigheter och konstruera för bandrift fullt lämpliga motorer för en-fas växelström. Sedan uppmärksamheten blifvit fästad på denna möjlighet, har ett stort antal framstående elektriska firmor och ingenjörer arbetat på detta område, och finnas nu åtskilliga typer af sådana en-fas-motorer, som dock alla äro försedda med strömsamlare (kommutatorer) och äga den vanliga seriemotorns egenskap af en med stigande belastning aftagande hastighet, hvarjämte all dessutom erforderlig hastighetsreglering kan utan nämnvärd energiförlust åstadkommas genom tillförande af olika spänningar från en regleringstransformator. Medelst dessa motorer möjliggöres elektrisk järnvägsdrift på långa afstånd med användande af högspänd växelström och en enda kontakt-tråd, med undvikande af de olägenheter, som vidlåda tre-fas-

systemet. Försök med elektrisk järnvägsdrift efter sådant system hafva utförts såväl i Amerika som Europa, bland annat å preussiska statsbanorna å en kort sträcka mellan Johannisthal och Spindlersfeld, och hafva dessa försök till fullo bekräftat den en-fasiga växelströmmens värdefulla egenskaper för järnvägsdrift. I Europa hafva två permanenta sådana anläggningar nyligen kommit i trafik nämligen den s. k. Stubaitalbahn mellan Innsbruck och Fulpmes i Tyrolen af 18 km längd och banan Murnau—Oberammergau i Bayern med en längd af 24 km, och äro andra större anläggningar projekterade. Äfven i Amerika råder på detta område en liflig verksamhet, och äro flera sådana anläggningar med en-fas växelström dels redan i drift, dels under utförande, bland andra, den 150 km långa banan mellan Indianapolis och Hamilton.

Då under den allra sista tiden den elektriska järnvägsdriften med högspänd växelström fått alltmer ökad användning såväl i Europa som Amerika torde några ytterligare meddelanden härutinnan vara påkallade. Antalet sådana färdiga eller beställda anläggningar för elektrisk järnvägsdrift skall för närvarande vara 22, hvaraf 11 i Europa och 11 i Amerika. Flertalet eller 18 af dessa banor drivas af en-fas-växelström och de återstående 4 af tre-fas-ström. Förutom dessa banor, afsedda för högspänd växelström, finnas äfven en del såväl en-fas- som tre-fas-banor, som drivas med lägre spänning än 1,000 volt. Bland banorna för högspänd en-fas-ström märkes en liten del af Preussiska statsbanorna, nämligen den 27 kilometer långa dubbelspåriga förstadsbanan Blankenese—Altona—Hamburg—Hasselbrook—Ohlsdorf. Här skall användas en spänning af 6,000 volt i kontaktledningen, och äro 51 motorvagnar beställda, hvar och en med tre motorer om 115 hkr. Hvarje tåg skall bestå antingen af en, två eller tre sådana, elektriskt hopkopplade motorvagnar. I senare fallet uppgår tågets motorstyrka till 1,035 hkr och dess vikt till cirka 250 ton. Afståndet mellan stationerna är i genomsnitt cirka 1,8 kilometer. Denna elektriska anläggning beslöts efter ett par års iakttagelser från Preussiska järnvägsstyrelsens sida af försöksdriften å Spindlersfelderbanan invid Berlin.

I England har London, Brighton & South Coast Ry Comp. beslutat att införa elektrisk drift medelst en-fas-ström tills vidare å en 8 kilometer lång sträcka mellan Battersea Park och Peckham Rye vid London. Driftspänningen är här likaledes 6,000 volt. Tills vidare äro 16 motorvagnar beställda, hvar och en med 4 motorer om 115 hkr. Afsikten är naturligen att så småningom utsträcka området för den elektriska driften å denna starkt trafikerade bana.

Bland de betydande anläggningar af detta slag, som äro i gång eller under utförande i Amerika, märkes i första rummet New York—

New Haven & Hartford järnvägen, som till en början har beställt 35 lokomotiv för en-fas-växelström att drivas med 11,000 volt. Hvarje lokomotiv har en motorstyrka af 900 å 1,000 hkr, och har således större kapacitet än det största hos oss förekommande snälltågslokomotiv. För de tyngsta tågen kunna två och två lokomotiv elektriskt hopkopplas. Vidare märkes den under byggnad varande banan Spokaue—Moscow, som färdig får en längd af 240 kilometer. Här skola användas motorvagnar om 400 och lokomotiv om 600 hkr, af hvilka två och två kunna elektriskt sammankopplas. Elektrisk utrustning håller slutligen på att anordnas i Sarnia-tunneln, som går under St. Clair-floden, hvilken utgör gräns mellan Förenta Staterna och Canada. Den sträcka, som här skall drivas elektriskt, får en längd af cirka 6 kilometer och äro 6 lokomotiv beställda om 750 hkr, af hvilka två och två kunna hopkopplas för samarbete. Tåg, vägande öfver 900 ton, skola här dragas i en stigning af 20 ‰, hvarvid två sammankopplade lokomotiv skola utveckla en dragkraft af 22,500 kilogram. Alla dessa anläggningar ske efter en-fas-system och torde bestyrka, att detta system är det för närvarande lämpligaste för järnvägsdrift.

Sedan januari 1905 har Maschinenfabrik Oerlikon, under kontroll af schweiziska järnvägsstyrelsen, utfört försök med elektrisk järnvägsdrift å banan Seebach—Wettingen med växelströmslokomotiv om 400 hkr. och en kontaktledningsspänning af 15,000 volt. Under 1905 tillryggelades ungefär 5,800 kilometer, och torde resultatet af försöken kunna betecknas som mycket godt.

Då en-fas-systemet synes vara det, som har framtiden för sig och vara för våra förhållanden det mest lämpliga, ligger detta system till grund för de försök med elektrisk järnvägsdrift, som enligt Järnvägsstyrelsens af Kungl. Maj:t och Riksdagen godkända förslag utföras å Värtabanan och skola fortsättas å bandelen Stockholm—Järfva.

Några meddelanden angående anordnandet af denna försöksdrift torde här vara af intresse. Två försökslinjer finnas, hvilka bägge sammanträffa vid Tomtebodas station, i närheten af hvilken äfven kraftstationen är belägen. Den bana, å hvilken de första förberedande försöken utföras, är Tomteboda—Värtan med en längd af cirka 5,950 meter. Särskildt den del af denna bana, som ligger mellan Albano och Värtan, med en längd af 3,500 meter, är i det afseendet synnerligen lämplig som försöksbana, att endast få tåg framgå där dagligen, så att ett stort antal försökståg kunna inskjutas i tidtabellen. Den andra försöksbanan mellan Stockholms Central och Järfva har en trafiklängd af 7,400 meter, hvaraf den dubbelspåriga bandelen Stockholms Central—Tomteboda utgör 3,400 meter. Afsikten är att försöksvis upprätthålla den regelbundna lokaltrafiken mellan Stockholm och Järfva medelst elektrisk drif-

Departements-
chefens med-
delanden an-
gående järn-
vägsstyrelsens
försöksdrift å
Värtabanan
m. m.

kraft. Å denna starkt trafikerade bana erbjudes tillfälle att pröfva den elektriska materielens driftsäkerhet och anpassningsförmåga till de nuvarande järnvägsförhållandena, särskildt äfven genom dess införande på en stor bangård såsom Stockholms Centralstation. Det är gifvet, att sådan profning ej kan äga rum, förr än materielen blifvit grundligt afprovad och studerad på Värtabanan. Det måste betecknas såsom en lycklig omständighet att äga i omedelbar närhet af hvarandra två försökssträckor af så olika och hvar och en för sitt ändamål så lämplig beskaffenhet som Tomteboda—Värtan och Stockholm—Järfva.

Kraftstationen är belägen inom Tomteboda vagnverkstads område. Längden af den ledning, som förenar kraftstationen med kontaktledningarna öfver spåren vid Tomtebodabron, utgör 440 meter. Från kraftstationen till anknytningspunkten vid Tomtebodabron föres ledningen såsom tvåtrådig kraftledning af 8 millimeters koppartråd. En af dessa trådar är alltid förbunden med skenorna, men äro båda ledningarna försedda med högspänningsisolation, hvarigenom den fördelen vinnes, att linjen kan användas, äfven om en isolator skulle blifva felaktig. För detta ändamål finnes såväl vid kraftstationen som vid Tomtebodabron en omkopplingsinrättning, medelst hvilken endera kraftledningstråden kan kopplas antingen till skenorna eller kontaktledningen. Å hvarje stolpe äro anbragta fångramar, som vid eventuellt inträffande brott å högspänningstråden åstadkomma säker jordförbindning af denna och således göra linjen strömlös och ofarlig. Samtliga dessa fångramar äro förbundna med hvarandra och med skenorna medelst en 10 kvmm koppartråd, som utan isolation är fästad vid stolparna. Vid Tomtebodabron vidtager kontaktledningen, som är spänd öfver spårets midt på en höjd af 5,2 till 5,7 meter och utgöres af en 8 millimeters hårddragen koppartråd. Med afseende å kontaktledningens upphängning användas — för samlande af jämförande erfarenhet — olika sätt. Mellan Albano och Värtan förekommer delvis vanlig direkt upphängning, men eljest användes å större delen af banan indirekt eller bärtrådsupphängning, och detta dels med en, dels med två längsgående 6 millimeters bärtrådar af stål, som medelst vertikala bärtrådar likaledes af stål uppbära kontaktråden med stor mekanisk säkerhet och på sådant sätt, att denna tråd får en mycket obetydlig, af temperaturen nära nog oberoende nedhängning, hvilket naturligen är fördelaktigt för strömaftagandet. Mellan Tomteboda och Albano användes uteslutande dubbel isolation å hvarje upphängningspunkt, af hvilka hvar och en är tillräcklig för hela spänningen. Å den återstående sträckan finnes endast enkel isolation. Vidare förekomma dels dubbla stolpar för hvarje upphängningspunkt, dels enkla stolpar med konsoler. Samtliga stolpar äro af trä med

undantag af 6 stycken konsol-stolpar ungefär midt mellan Albano och Värtan, som äro utförda af armerad beton.

Å den del af kontaktledningen, som har direkt upphängning, är hvarannan upphängningspunkt försedd med jordförbindningsanordning, som vid inträffande trådbrott åstadkommer strömmens afbrytande. Kontaktledningen under de Värtabanan korsande vägbroarna är utförd afkopplingsbar, så att denna ledning närmast under bron kan göras strömlös, under det ledningen i öfrigt är strömförande. Vid Albano station äro i demonstrationssyfte extra stationsledningar och med semaforerna förenade kopplingsapparater utförda. Ledningarna öfver stationsspåren och ett stycke på 250 å 300 meter på hvar sida om stationen bilda nämligen tre från den öfriga ledningen medelst kopplingsapparater skilda sektioner, och är det så anordnad, att, om ett elektriskt tåg närmar sig stationen, ehuru semaforen står på stopp, upphör drifkraften att verka, då det inkommer på den genom semaforswitchen strömlösa försektionen. Likaså har stationsinspektoren i sin hand att afstänga drifkraften för ett nyss från stationen afgånget tåg genom att afbryta strömmen i stationsspårens eller endera försektionens ledningar.

Det är redan nämnt, att skenorna tjänstgöra som andra ledning, men äro några extra ledande skenförbindningar, såsom vid spårvägar erfordras, tills vidare ej utförda, emedan erfarenheten från utlandet tycks gifva vid handen, att vid de höga spänningarna sådant ej är nödvändigt för de här förevarande, jämförelsevis korta afstånden. Å kortare sträckor komma dock olika slag af sådana anordningar för förbättrande af skenledningen att profvas. Vidare är att nämna, att längs hela ledningen Tomtebodavärtan löper en dubbeltrådig telefonledning, upphängd på samma lednings stolpar och isolerad för högtension.

Den rullande materiel med elektrisk drifkraft, som användes vid försöken, består dels af lokomotiv, dels af motorvagnar. De förra äro till antalet två, af hvilka det ena är beställt af The British Westinghouse Electric & Mfg Company och tillverkad i Amerika, under det att det andra levererats af Siemens—Schuckert Werke i Berlin.

Det amerikanska lokomotivet är tvåaxligt med en hjulbas af 2,54 meter. Hjuldiametern är 1,04 meter, och drifves hvarje axel af en växelströmseriemotor om normalt 150 hästkrafter medelst enkel kuggväxel. Lokomotivets totala vikt är 25,000 kilogram. Då motorns hvarfantal af hållfasthets- och gnistbildningsskäl ej bör öfverstiga 1,350, så blir lokomotivets största hastighet med denna kuggväxel 62 kilometer i timmen. Lägre hastigheter kunna utan vidare erhållas med tillhjälp af regleringsapparat.

Det från Siemens-Schuckert Werke tagna lokomotivet har tre axlar,

af hvilka hvar och en medelst enkel kuggväxel drifves af en växelströmsseriemotor om normalt 100 hästkrafter. Då motorns största tillåtliga hvarfantal är 1,100 i minuten, är största körhastigheten 45, resp. 77, kilometer i timmen. Genom insättande af olika kugghjulssatser kan lokomotivet blifva lämpligt antingen som godstågs- eller persontågslokomotiv. Lägre hastigheter kunna alltid erhållas genom den elektriska regleringsapparaten. Lokomotivet väger ungefär 36 ton. Lokomotivet är försedt med, bland annat, pumpar, bromscylinrar, reservoarer, rörledningar m. m. för vakuumbromsning, så att de å svenska statsbanornas vagnar befintliga bromsinrättningarna kunna nyttjas tillsammans härmed. Vidare finnes en liten kompressor för åstadkommande af tryckluft för signalgifning. Elektrisk ström från en del af hufvudtransformatorns sekundära lindningar användes äfven för belysning af lokomotivet och uppvärmning af förarehytten.

Utom de nu i korthet beskrifna båda lokomotiven användas vid försöken äfven tvenne motorvagnar. Dessa vagnar utgöras af statsbanornas vanliga boggivagnar typ Co₃, som dels försedts med hvar sin speciella motorboggi af ny konstruktion, dels undergått vissa ändringar för beredande af plats för elektriska motorer, apparater och ledningar. I hvarje sådan vagns motorboggi inbyggas två en-fas-motorer af dr Eichbergs system och konstruktion, hvar och en normalt om 120 hästkrafter. Då motorns största tillåtliga hvarfantal är 1,000, blir motorvagnarnas största hastighet 45, resp. 65, kilometer i timmen. I olikhet med de båda lokomotiven, hvilkas seriemotorer endast kunna utföras för låg spänning, äro motorvagnarnas motorer lindade för hög spänning. Den senare anordningen erbjuder den fördelen, att någon hufvudtransformator för hela effekten ej erfordras, utan endast en mindre transformator för regleringen. Däremot blir en högspänd motor tyngre och dyrare för samma effekt än en lågspänd, hvartill i förevarande fall kommer den olägenheten, att endast en kontakt-ledningsspänning, nämligen den, för hvilken motorerna äro utförda, kan användas för motorvagnarna, under det att lokomotiven kunna drifvas med mycket olika spänningar.

I hvardera änden af motorvagnen är en förarehytt anordnad, hvar-est för manövrering, bromsning och signalgifning erforderliga handtag finnas tillgängliga. Apparaterna för manövreringen äro utförda efter det s. k. »multipelsystemet», som afser, att flera mekaniskt och elektriskt sammankopplade motorvagnar skola kunna manövreras af en förare från hvilken förarehytt som helst. För detta ändamål finnes, utom motorströmkretsen, en särskild manövreringsströmkrets af låg spänning och liten strömstyrka, som således erfordrar helt svaga ledningar.

Utom de båda motorvagnarne förses äfven två andra boggivagnar, en af typ Co₃ och en af typ BFo med elektrisk utrustning för belysning och uppvärmning, samt med genomgående manövreringsledningar och 4 st. elektriska kopplingsdosor i hvar ända liksom motorvagnarne. De fyra elektriskt utrustade vagnarne kunna förenas till ett tåg med en motorvagn i hvar ända, hvilket tåg, utan omrangering vid ändstationerna, då föraren endast flyttar sig från en förarehytt till en annan, läser kunna uppehålla lokaltrafiken mellan Stockholm och Järfva.

Försöken hafva ej ännu kunnat föras till något slutligt resultat, dels därför att utförandet af försöksledningen fördröjts genom oförutsedda svårigheter, och dels emedan leverantörerna af lokomotiv, motorer m. m. blifvit efter med sina leveranser. Då på detta nya område detaljförbättringar alltjämt göras i afseende på motorkonstruktioner m. m., hafva firmorna, äfven efter fullgjord leverans, velat byta ut vissa detaljer mot nyare af förbättrad konstruktion, hvilket naturligen tagit ej obetydlig tid i anspråk. Emellertid synas de hittills vunna resultaten peka tydligt åt rätt håll d. v. s. i riktning att bekräfta förhoppningarne angående en-fas-systemets lämplighet för järnvägsdrift under våra förhållanden.

Angående den ekonomiska sidan af saken, så hafva såväl försöken som de sedermera gjorda beräkningarna hittills endast bekräftat riktigheten i hufvudsak af den år 1902 utförda utredningen, som gaf till resultat, att med nuvarande tidtabeller och tågsammansättningar kostnaden för elektrisk drift, under förhållanden motsvarande svenska statsbanornas genomsnittsförhållanden, är ungefär lika dyr som drift med ånglokomotiv, hvarvid naturligen ränta och amortering af de elektriska anläggningarna medräknats. I samma mån som tidtabellerna kunna ändras, i ändamål att utjämna antalet på en gång befintliga tåg och således kraftstationernas belastning, ställer sig jämförelsen naturligen mera till förmån för den elektriska drifkraften.

Jag har ansett mig böra lämna en så vidlyftig redogörelse angående den elektriska järnvägsdriftens nuvarande ställning i utlandet och hos oss, som skett, för att visa, att den elektriska järnvägsdriften i utlandet kan anses hafva kommit ur försöksstadiet samt att försöken i vårt land, hvartill Riksdagen frikostigt anvisat betydande medel, med all ifver pågå.

Departements-
chefens ytt-
rande i
anledning af
järnvägs-
styrelsens
framställning
den 28
februari 1905
och den 10
mars 1906
ang. kreditiv
för inköp af
vattenfall.

Visserligen kan den erfarenhet, som hittills vunnits hos oss, icke ännu anses så stadgad, att ett slutgiltigt beslut redan nu kan fattas om ett allmännare införande af elektrisk drift på de svenska statsbanor, för hvilkas drifvande medelst elektricitet lämpliga kraftkällor finnas. Af hvad som förut meddelats torde emellertid framgå, att det är stor sannolikhet för, att en dylik drift skall, i afsevärd omfattning, finnas såväl tekniskt som ekonomiskt möjlig och lämplig. Att med afseende å den ekonomiska synpunkten uttala något fullt bestämdt, allmänt omdöme, torde visserligen ej låta sig göra, då kraftkällans läge och pris därutinnan spelar en afsevärd roll. Men, af allt att döma, synes det vara viktigt, att staten på allvar bereder sig att kunna i afsevärd omfattning införa elektrisk drift å statsbanorna, när frågan härom vunnit tillräcklig utredning.

Staten disponerar emellertid icke själf alla de vattenfall, som skulle behövas för att leverera erforderlig kraft till statsbanornas elektriska behof, utan finna sig flere af dessa i enskild ägo. Dispositionen öfver dessa, i lämplig omfattning, är gifvetvis ett nödvändigt villkor, om elektrisk drifkraft skall mera allmänt införas å våra statsbanor. Då under senaste tiden en allt lifligare verksamhet varit rådande, till förvärfvande och utnyttjande för enskilda industriella ändamål af den betydande kraft, som finnes nedlagd i landets talrika vattenfall, synes förtänksamheten bjuda, att staten i tid försäkrar sig om äganderätten till de kraftkällor, som behövas och hvilka icke äro statens egendom, för att icke, då tiden är inne att tillgodogöra sig den färdigvunna erfarenheten på den elektriska bandriftens område, vara för erhållande af kraftkällor hänvisad till aftal med enskilda ägare, hvilket antagligen skulle, i hvad form det än komme till stånd, visa sig blifva ekonomiskt ofördelaktigt. Fördelen att i god tid, innan prisen å vattenfall ännu nått den stegring, som med säkerhet kan beräknas inträffa, och medan möjlighet ännu finnes att välja mellan flera användbara kraftkällor, förskaffa den erforderliga vattenkraften i statens hand synes därför påtaglig.

Staten är visserligen i nu förevarande frågor mera oberoende än i åtskilliga andra ärenden, där staten behöfver tillhandla sig enskild egendom, i det att här ofta finnas flere vattenfall, som kunna lämpa sig för inköp och användande till drifkraft för en viss statsbanelinje, liksom ju staten, där ett öfvergående till elektrisk drifkraft genom själfva kraftkällans höga pris blir ofördelaktigt, kan bibehålla ångdriften, som nog ändock behöfver anlitas såsom reserv. Men just för att betrygga statens fulla frihet i nämnda hänseende, måste det vara af vikt, att i tid vidtaga förberedelser för att kunna inköpa lämpliga vattenfall för skäligen pris.

Mot att staten uppträder som spekulant i afsevärdare omfattning å enskilda vattenfall för att därmed tillförsäkra sig erforderlig kraft för ett allmännare införande af elektrisk drift å statsbanorna, kan emellertid den invändningen göras, att därmed fara kunde föreligga, att möjligheten för landets industri att förvärfva för dess utveckling lämpliga fall alltför mycket inskränkes, till skada för den uppblomstring af industrien, som man förväntar och som är af sådan betydelse för hela landet. Vidare kan ock den invändningen framställas, att staten, genom att uppträda som konkurrent till den enskilda industrien, skulle uppdrifva prisen å vattenfallen i allmänhet till en höjd, som vore menlig för vattenfallens användande såsom kraftkälla i industriens tjänst. Jag anser dock, att dessa invändningar icke äga afgörande betydelse. Tillgången på vattenfall i vårt land är riklig, och många af dem äro så belägna eller hafva så ringa eller ojämn kraft, att de icke lämpligen kunna ifrågakomma till förvärf af staten för järnvägsdrift. Att staten genom att uppträda såsom spekulant å enskildas vattenfall emellanåt kommer i konkurrens med den enskilda industrien, kan icke alldeles undvikas, men detta uppväges åter däraf, att staten å andra sidan kan till enskildas bruk upplåta staten tillhöriga vattenfall, som ej lämpa sig för elektrisk drifkraft för statens järnvägar.

Det torde äfvenledes böra bemärkas, att anläggandet af elektriska kraftstationer, afsedda för järnvägsdrift, äfven i andra afseenden kan vara af betydelse. Från järnvägens stora kraftstationer kan nämligen ofta, utan hinder för deras egentliga ändamål, levereras ström till privat industri, landtbruk, belysningsändamål m. m. Framför allt för landtbrukets behof, i den mån maskiner därstädes komma i allt allmännare bruk, måste detta förhållande blifva af icke ringa betydelse.

Äfven om, mot förmodan, det skulle visa sig, att den drifkraft, som med elektricitetens hjälp kan hämtas ur vattenfallen, ej skulle kunna lämpligen användas för ett ekonomiskt och i öfrigt fördelaktigt drifvande af tågen å statens järnvägar i den omfattning, jag anser mig ha anledning att förutsätta, kan någon risk icke vara förenad med här ifrågasatt förvärf af enskilda tillhörande vattenfall. Det lär nämligen icke möta någon svårighet att, om staten så finner lämpligt, realisera de inköpta vattenfallen på sådana villkor, att den utgift, som deras inköp betingat, blir till fullo uppvägd. Öfriga industriella ändamål kräfva med växande begärlighet så mycket af detta slags kraft, att hvad staten däraf kan äga alltid kommer att behålla ett betydligt ekonomiskt värde. Och skulle staten, hvilket antagligen vore än klokare, i stället för att sälja flere eller färre af de för eventuell elektrisk

statsbanedrift inköpta vattenfall, som icke komma att härför användas, vilja göra de i dessa fall nedlagda medel fruktbärande medelst fallens upplåtande för viss tid åt enskilda eller genom anläggande af kraftstationer och levererande af elektrisk energi från dessa till andra industriella ändamål än järnbanedrift, lär staten säkerligen erhålla god afkastning å dessa medel.

Jag vill dock framhålla, att staten bör gå fram med varsamhet, då det gäller inköp af enskilda tillhöriga vattenfall, samt att härvid särskildt afseende torde böra fästas, utom vid fallets belägenhet och lämplighet i öfrigt, jämväl vid det förhållande, om staten förut äger en del af vattenfallet eller icke. Samlande af ett vattenfall på en hand utgör gifvetvis en fördel för dess lämpliga utnyttjande. En noggrann pröfning af hvarje förekommande fråga om inköp blir således nödvändig. Hufvudsaken är att möjlighet beredes Kungl. Maj:t, att, om och när för elektrisk järnvägsdrift lämpliga vattenfall stå till buds, förvärfva desamma. Att med nu ifrågasatt kreditiv bestrida alla de kostnader, som erfordras för inköp af sådana enskilda tillhöriga vattenfall och vattenfallsandelar, som lämna sig såsom kraftkällor vid ett allmännare införande å statsbanorna af elektrisk drifkraft, torde visserligen icke vara möjligt; men den här ifrågasatta åtgärden bör alltid blifva till gagn såsom en afsevärd början till sådana förvärf.

Jag har i följd häraf icke något att erinra mot det belopp, som af järnvägsstyrelsen för ändamålet föreslagits. Hvarje särskild fråga om inköp skall ju i hvarje fall underställas Kungl. Maj:t, som därvid icke lär underlåta tillse om det ifrågasatta förvärfvet kan ske till fördel för staten.

För att, oberoende af spekulationer och däraf föranledd prisstegring, kunna vid blifvande inköp afsluta för staten fördelaktigaste aftal, hvilket ju ock är syftet med den nu föreliggande framställningen, är det nödvändigt, att anbudet skola kunna inom kortast möjliga tid slutgiltigt pröfvas. Det torde därför icke böra ifrågasättas att för hvarje gång draga inköpsfrågorna under Riksdagens pröfning.

Med afseende å sättet för medlens anskaffande anser jag, att då fråga är om utgifter, som kunna uppgå till så afsevärda belopp som nu förevarande, riksgäldskontoret bör tillhandahålla erforderliga medel. Medan frågan om införande af elektrisk drift å statsbanorna ännu är sväfvande, synes medelanskaffandet böra få en mera provisorisk karaktär och slutgiltigt ordnas först i sammanhang med de betydande anslag, gifvetvis utgående af lånemedel, som erfordras, om och när statsjärnvägarne i större omfattning öfvergå till elektrisk drifkraft. Det af mig här nedan föreslagna sättet för ifrågavarande anslags utgående är således allenast

interimistiskt, hvilket torde vara så mycket mera påkalladt, som de inköpta vattenfallen, därest de ej skulle komma att användas såsom kraftkällor för drifvande af statsjärnvägarna, torde komma att afyttras eller, med bibehållande i statens ägo, öfverflyttas till annan förvaltning än statsjärnvägarnas.

På grund af hvad sålunda förekommit och anförts, finner jag öfvervägande skäl tala för ett bifall till järnvägsstyrelsens förslag; och får jag därför i underdånighet hemställa, att Kungl. Maj:t måtte i nådig proposition föreslå Riksdagen dels medgifva,

att inköp af sådana, helt eller delvis, i enskild ägo befintliga vattenfall, som inom den närmaste framtiden anses komma att för drift af statens järnvägar erfordras och hvilkas inköp icke utan men för staten anses kunna uppskjutas, må af Kungl. Maj:t beslutas till ett sammanlagdt belopp af intill fem miljoner kronor; samt

att den afkastning, samma vattenfall kunna komma att lämna under tiden, intill dess de varda för det med inköpet afsedda ändamålet använda, skall inlevereras till statskontoret för att redovisas under titel extra uppbörd;

dels ock bemyndiga fullmäktige i Riksgäldskontoret att i mån af behof, enligt Kungl. Maj:ts rekvisition, utanordna för ändamålet erforderliga medel intill nämnda summa.

Till denna, af statsrådets öfriga ledamöter biträdda hemställan behagade Hans Kungl. Höghet Kronprinsen-Regenten lämna bifall samt förordnade, att nådig proposition i ärendet skulle till Riksdagen aflåtas af den lydelse, bilaga till detta protokoll utvisar.

Ur protokollet:

E. K. Almqvist.

Bilaga.

Till kungl. järnvägsstyrelsen.

Af kungl. järnvägsstyrelsen genom herr öfverdirektören m. m. F. Almgren anmodad verkställa utredning rörande möjligheterna i tekniskt och ekonomiskt afseende för användandet i större utsträckning af elektrisk drifkraft å Sveriges statsbanor med tillgodogörande af de inhemska kraftkällor, som vattenfall och torfmossar erbjuda, får jag härmed äran inkomma med det begärda utlåtandet.

Då emellertid, dels till följd af statsbanenätets stora utsträckning och den olikartade beskaffenheten af enskilda sträckor däraf, dels till följd däraf, att det elektriska järnbaneproblemet ännu befinner sig uti stark utveckling, en något så när fullständig utredning skulle kräfva ofantligt mycket mera tid och medel, än som stått till mitt förfogande, är det tydligt, att jag, såsom väl äfven torde hafva afsetts, endast kunnat lämna en förberedande utredning angående frågans nuvarande ståndpunkt och de möjligheter, som förefinnas för elektrisk drift af statsbanorna.

Olika system för elektrisk järnvägsdrift.

Man hör ofta sådana yttranden, som att problemet att drifva järnvägståg med elektrisk kraft redan vore fullständigt löst, och hänvisas därvid till det stora antal järnvägslinjer med elektrisk drifkraft, som finnas i gång i Amerika och på senare åren äfven i Europa (Orleansbanan, Paris—Versaille, Metropolitanbanan vid Paris, Milano—Varese—Porto Ceresio, Hoch- und Untergrundbahn i Berlin m. fl.) och de stora elektriska lokomotiv, som i samband med dessa anläggningar blifvit utförda, af hvilka en del i kapacitet till och med öfverträffa de största existerande ånglokomotiv. Det är också mycket riktigt att, sedd från rent *teknisk synpunkt* utan hänsyn till kostnaden, är frågan på ett ganska tillfredsställande sätt löst. Intet större tekniskt hinder möter att med användande af detta amerikanska likströmssystem drifva samtliga tåg å Sveriges statsbanor med anlitande af uteslutande inhemsk drifkraft från

vattenfall och torfmossar. Tager man däremot sakens *ekonomiska sida* i betraktande, skall man finna, att en sådan drift blefve mycket dyrare än den nuvarande driften med ånglokomotiv äfven med högsta hittills förekommande stenkolspris. De banor, vid hvilka detta elektriska system användes, hvilket endast är en utveckling af det vid spårvägar vanliga systemet med likström af 500 à 600 volts spänning, ha i allmänhet en synnerligen intensiv persontrafik, som erfordrar ett stort antal tåg. Detta system kräfver också frångående från det koncentrationssystem, som är det ekonomiskt riktiga för ångbanor, och i stället en fördelning af trafiken i smärre och täta tåg för åstadkommande af godt ekonomiskt resultat. Trots den så vidt möjligt genomförda trafikfördelningen, torde ändock den elektriska drifkraften vid dessa banor i regel ej lämna afsevärdt lägre driftkostnad per vagnaxelkilometer räknadt än driften med ånglokomotiv. Orsaken, hvarför det likväl befunnits fördelaktigt utrusta banor med elektrisk drifkraft efter detta system, är att söka uti den ökade persontrafik och därmed följande större inkomster, som erhållas dels till följd af sönderdelningen i tätare tåg dels till följd af andra fördelar, som för personbefordran vinnes, såsom frånvaron af rök som särskildt i tunnlar är besvärlig, och den större hastighet, som kan erhållas bland annat genom snabbare igångsättning vid stationerna. Till följd af dessa egenskaper har det elektriska likströmssystemet erhållit användning vid bland annat ett stort antal förstadsbanor samt upphöjda eller underjordiska järnvägar i de stora världsstäderna, och torde detta för närvarande vara det lämpligaste system, som existerar för drift af sådana banor. Den tyska statsbaneförvaltningen har synbarligen äfven kommit till insikt härom, i det den helt nyligen med firman Union E. G. i Berlin träffat aftal om införande af elektrisk drift å en 9 km. lång förstadssträcka invid Berlin mellan Potsdamer Ringbahnhof och Gross Lichterfelde Ost.

Ehuru väl äfven i Sverige en och annan kortare sträcka finnes, å hvilken sådan drift med fördel skulle kunna användas för lokaltrafiken, såsom exempelvis linjen Malmö—Lund, så har i stort sedt vårt svenska statsbanenät en trafik, som på intet vis kan jämföras med sådana banors, hvarför ock ofvannämnda likströmssystem ej lämpar sig för ändamålet. Felet ligger däruti, att trafiken är för svag i förhållande till de enorma kostnaderna för ledningarna vid så låg spänning, som vid likström lämpligen kan användas. En sönderdelning af tågen, där sådan kan utföras, torde visserligen i regel medföra någon ökning af passagerarantalet, men torde denna ökning till följd af den svaga befolknings-tätheten ej närmelsevis svara mot kostnaden för ränta och amortering å

ledningsanläggningarna efter detta system. *Elektrisk drift af järnvägar med sådan svag trafik kräver för nedbringande af ledningarnas anläggningskostnad en vida högre spänning, än det vanliga likströmssystemet kan erbjuda.*

Likaväl som den elektriska arbetsöfverföringen i allmänhet vunnit sin lösning först genom användandet af de höga spänningar, som möjliggjorts, sedan växelströmstekniken kommit till högre grad af fulländning, är det att förutse, att problemet att drifva vanliga järnvägar med elektrisk ström skall lösas med tillhjälp af *högsپänd växelström*. Det förut omtalade likströmssystemet har på så vis tagit växelströmmen i sin tjänst, att högsپänd växelström användes för att från en kraftstation mata ett antal understationer, som sedan afgifva likriktad ström för banans drift. Härigenom vinnes den fördelen, att antalet primära kraftstationer kan inskränkas, men olägenheten af dyr anläggningskostnad för ledningssystemet kvarstår, hvarjämte understationerna med deras roterande maskineri blifva dyrbara både i anläggning och skötsel. För undvikande af dessa olägenheter blir det nödvändigt använda växelström direkt för drift af tågen.

De första banorna med sådan ren växelströmsdrift utfördes af firman Brown, Boveri & C:i i Schweiz. Dessa första banor arbeta med trefas växelström och ha två kontakttrådar med skenorna som tredje ledning, och är spänningen i dessa kontaktledningar tämligen låg, c:a 750 volt. Då denna spänning endast kan fortleda strömmen tämligen kort väg, måste för fjärrledningen trefasström af hög spänning användas, och sker omsättningen af spänningen i längs banan uppställda transformatorer. Dessa ha framför de likströmssystemet tillhörande understationerna den fördelen att vara väsentligt billigare i anläggning och att ej kräva ständig tillsyn, hvarför äfven skötseln blir betydligt billigare. Däremot har systemet den olägenheten, att minst två kontakttrådar erfordras, hvilket gifvetvis medför komplikationer. Med den låga spänning i kontaktledningen, som här nyttjats, är systemets användbarhet tämligen begränsadt. Emellertid ha sedermera försök utförts af firman Siemens & Halske i Berlin rörande möjligheten att använda trefasström af hög spänning upp till 10,000 volt i kontaktledningen. Dessa försök ha sedermera fullföljts af det mycket omtalade »Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen», hvilket, som namnet angifver, hufvudsakligen satt sig före att studera möjligheten att medels elektrisk drifkraft uppnå extra stor hastighet för drift af expresståg, och har därigenom visats möjligheten att använda högsپänd trefasström i kontaktledningen under de omständigheter, som vid dessa försök förekommo; men det torde ej

vara bevisadt, och i själfva verket får det anses osannolikt, att högspänd trefasström med två å tre kontaktrådar lämpligen kan användas å vanliga banor, hvarest korsningar, växlar och tunnlar förekomma. En annan framstående firma, Ganz & C:o i Budapest, har sedan flere år varit sysselsatt med den elektriska utrustningen å en bana i Italien, Lecco—Colico—Sondrio—Chiavenna. Spänningen i kontaktledningen är här 3,000 volt med två trådar och skenorna som tredje ledare, men ha likväl speciellt i tunnlarne svårigheter därmed visat sig. Emellertid har nu efter åtskilligt experimenterande en del af banan utan tunnlar kunnat öppnas för trafik.

Orsaken, hvarför man vid användandet af växelström i första rummet vände sig till det vid arbetsöfverföringar vanliga trefassystemet, ligger däruti, att enligt detta system sedan länge goda motorer kunna utföras. Den vanliga enkla enfasströmmen har den för bandrift stora fördelen att endast kräfva en tråd, då skenorna användas som andra ledning, men har den stora olägenheten, att fullgoda motorer hittills ej kunnat konstrueras härför. Särskildt besitta de vanliga enkelfasmotorerna det stora felet att ej kunna sättas i gång med belastning. De måste medels särskilda elektriska anordningar sättas i gång i tomning, och kan belastningen tillföras, först sedan de uppnått nära nog full hastighet. Dessutom äro de redan vid en trefasmotor begränsade möjligheterna till hastighetsreglering vid en enkelfasmotor ytterligare reducerade nära nog till noll, hvilket allt gör, att en sådan motor är synnerligen olämplig för bandrift. Då emellertid enkelfasströmmen i öfrigt likaväl som trefasströmmen kan användas för fortledande af energi på långa afstånd medels användandet af hög spänning och dessutom har den stora fördelen att vid kontaktledningen endast kräfva en enda tråd, då skenorna äfven användas, så har man på senare åren allt mer börjat syssla med frågan, huru enkelfasström lämpligen skulle kunna användas för ifrågavarande ändamål. Då hittills kända enkelfasmotorer, som nämnt, ej lämpa sig för drifvande järnvägståg, har man tänkt sig att på själfva lokomotivet åstadkomma en omvandling af strömmen till sådan ström, som lämpar sig för motordrift, nämligen antingen likriktad ström eller trefas vexelström. Af dessa är likströmmen så till vida att föredraga, att den erbjuder de mest ideala möjligheter för hastighetsreglering. Trefasström har, som förut nämnts, endast mycket begränsade, ehuru kanske för vanliga behof tillräckliga, möjligheter för sådan reglering, men har den fördelen, att omvandlingen från enkelfas till sådan ström kan utföras med tillhjälp af enklare maskineri, än som erfordras för omvandling till likström. I båda fallen erfordras emellertid

roterande maskineri å lokomotivet för strömändringen, hvarigenom en del af lokomotivet måste utbildas som maskinrum. Detta medför gifvetvis en komplikation och ökning af den döda vikt, som måste medföras. Dessa olägenheter uppvägas dock rikligen vid banor med svag trafik af de lägre anläggningskostnaderna. Detta system med roterande omformaremaskineri för strömmens omvandling å lokomotivet, som första gången föreslogs för cirka tio år sedan af amerikanaren Ward-Leonard, har blifvit kalladt *mobilomformaresystemet* och har sedermera upptagits af bland andra Maschinenfabrik Oerlikon i Schweiz, som nu å en del af schweiziska statsbanorna skall göra försök härmed. Denna firma omformar enfasströmmen till likriktad ström, och tyckes ha nedlagt mycket arbete på att i detalj utarbета detta system. Då mobilomformaresystemet af de system, som voro kända, då jag påbörjade min utredning, har de bästa förutsättningar att lämpa sig för våra förhållanden, har jag lagt det till grund för följande beräkningar. Utom olägenheten af onödigt stor död vikt och komplikation, har emellertid detta system två andra olägenheter gemensamt med andra hittills föreslagna rent elektriska system, nämligen:

1. Ett å linjen arbetande lokomotiv kräver från kraftstationen en ström, som är särdeles varierande, i det den stundom uppnår sitt maximum och stundom nedgår till noll eller till och med blir negativ, då strömåtervinning användes för bromsning. Då hvarje tåg tillför kraftstationen så varierande belastning, och antalet å linjen befintliga tåg dessutom varierar högst betydligt, kommer kraftstationens belastning att äfvenledes vara underkastad stora förändringar, hvilket tydligen gör strömkostnaden betydligt mycket högre, än om belastningen vore mera jämnt fördelad. För att motarbeta denna olägenhet erfordras tydligen dels omarbetande af farplanerna, i den mån detta låter sig göra, för erhållande af ett möjligast konstant antal tåg på linjen samtidigt under dygnets timmar, dels anordningar å lokomotivet för utjämnande af dess strömkonsumtion. Vid mobilomformaresystemet med likström skulle ju denna utjämning kunna tänkas ske medels å lokomotivet anbragt buffertbatteri. Tyvärr omöjliggöres emellertid detta för närvarande dels till följd af de nu i handeln befintliga ackumulatorernas olämplighet och bristande hållbarhet för traktionsändamål, dels till följd af den redan förut alltför stora döda vikten.

2. Hela driften är beroende på, att ständig förbindelse uppehålls mellan kraftstationen och lokomotivet. Skulle ledningen någonstades blifva skadad, så att afbrott uppstår, äro de tåg, som härigenom ej få ström, urståndsatta att komma framåt. För erhållande af denna stän-

diga strömtillföring är man tvungen att öfverallt framdraga kontaktledningar äfven å bangårdar, i tunnlar och andra svårtillgängliga ställen, hvarest man kan förutse betydande kostnader och svårigheter för beredande af en driftsäker högtensionsledning. Tydligtvis skulle anbringandet af ett buffertbatteri af tillräcklig kapacitet att ensamt kunna drifva tåget en kort sträcka äfven kunna afhjälpa denna olägenhet. Då emellertid detta af ekonomiska och andra skäl, som förut nämnt, ej för närvarande torde vara möjligt, torde ej heller denna olägenhet på rent elektrisk väg praktiskt kunna aflägsnas på elektroteknikens nuvarande ståndpunkt.

Då det emellertid både ur driftsäkerhetens och ekonomiens synpunkt skulle vara särdeles önskvärdt att å lokomotivet kunna åstadkomma sådan arbetsackumulering, att man dels kunde åtminstone till en del utjämna lokomotivets strömåtgång, dels kunde få det att gå korta sträckor utan ström, så har man föreslagit andra medel, än elektriciteten erbjuder, till åstadkommande häraf. En amerikanare Arnold har helt nyligen meddelat hufvuddragen af ett system, med hvars utarbetande han i åratal varit sysselsatt och som nu är under utförande å en bana i Amerika, vid hvilket han använder komprimerad luft som ackumulator. Då systemets detaljer ännu ej äro offentliggjorda och försöken ej utförda, är det ej möjligt att nu kunna afgifva något yttrande om detta system. Hvad man vet är, att därvid användes å lokomotivet en enkelfasmotor för drift af kompressorer, och är denna motors såväl primära som sekundära del roterande, hvarigenom erforderlig hastighetsreglering kan erhållas. Genom ackumuleringen skulle ofvannämnda båda önskemål uppnås, hvarvid äfven den fördelen torde kunna vinnas, att med samma driftsäkerhet högre spänning å linjen kan användas, då kontaktledningen ej behöfver framdragas i tunnlar och å sådana ställen, hvarest den höga spänningen skulle vara särskildt riskabel. Om också omsättningen af energi medels komprimerad luft medför större förluster än de rent elektriska systemen, och en del olägenheter tillkomma, som dessa ej äga, förefaller det ej omöjligt, att medels detta system till följd af ofvannämnda fördelar ändock billigare drift kan erhållas.

Ett tillfredsställande system för elektrisk bandrift synes framför allt böra uppfylla följande fordringar:

1. Användandet af endast en kontaktråd med skenorna som andra ledning.
2. Hög spänning i kontaktledningen för erhållande af låg anläggningskostnad med sådana skyddsanordningar, att trafiksäkerheten ej i något afseende riskeras.

3. Möjlighet att utan nämnvärd energiförlust åstadkomma erforderlig reglering af hastigheten.

4. Största möjliga enkelhet i lokomotivets maskinella anordningar, så att onödig död vikt undvikas och reparationskostnaderna blifva de minsta möjliga.

Dessutom bör man sträfva efter att kunna tillgodose följande önskemål:

5. Sådan anordning af lokomotivet, att detta kan arbeta en kort tidsperiod utan strömtillförsel.

6. Möjlighet att på rationellt sätt tillgodogöra större delen af den vid gång utför lutningar och vid stannande af tåget utvecklade energi, som nu vanligen går onyttigt förlorad i form af värme vid bromsklotsarne.

7. Möjlighet att vid särskilda tillfällen kunna tillåta stor spänningsförlust i ledningssystemet och trots detta erhålla tillräckligt kraftpar å lokomotivets motorer.

8. Möjligast konstanta belastning af kraftstationens maskineri, hvilket utom genom farplanernas ändamålsenliga utarbetande bör i viss grad kunna vinnas antingen genom kraftackumulering å lokomotiven, så att dessas strömåtgång blir så konstant som möjligt, eller genom ackumulering i kraftstationen, motsvarande de vid spårvägscentraler brukliga buffertbatterierna.

Intet af de förut nämnda systemen för elektrisk järnvägsdrift tillfredsställer alla dessa fordringar, men de i senaste tid framkomna uppslagen tyda på sådana framsteg på detta område, att man har anledning hoppas att inom kort kunna erhålla ett för våra förhållanden fullt lämpligt system. Det system och de anordningar, som jag i det följande lagt till grund för beräkningarna, äro icke af den art, att jag i allt vill rekommendera dem till utförande, detta dels därför att det ej varit möjligt på så kort tid få färdigt ett system med sorgfälligt utarbetade detaljer, dels därför att under arbetets gång tekniken gjort framsteg, då ju för närvarande ett rastlöst arbete pågår inom den elektrotekniska världen för lösande af hithörande problem. Emellertid anser jag, att de af mig i det följande gjorda förutsättningarna och föreslagna anordningarna äro tillräckligt noggranna för att tjäna som utgångspunkt för frågans bedömande ur ekonomisk synpunkt.

Kraftkällorna.

För erhållande af kännedom om de kraftkällor i form af vattenfall och torfmossar, som stå till buds för drift af statsbanorna, har jag dels

tagit del af vattenfallskommitténs utlåtande i ämnet, dels erhållit upplysningar af särskilda sakkunnige, nämligen ingenjör J. Gust. Richert och statens torfingenjör löjtnant E. Wallgren, hvilka båda till kungl. järnvägsstyrelsen afgifvit särskilda utlåtanden. Å *medföljande karta* (pl. 1) har jag uppritat de kraftkällor, som jag till följd af läge och krafttillgång ansett i första runnet böra komma i åtanke utan hänsyn tagen till äganderätten. Skulle en eller annan af dessa kraftkällor ej kunna användas, därigenom att öfverenskommelse med ägaren vid eventuellt utförande ej skulle kunna träffas, finnas på de flesta ställen andra i närheten belägna kraftkällor att tillgå, som likaledes kunna användas. Såsom synes, är antalet kraftstationer antaget till 22, hvilket vid en total banlängd af 4,332 km. gifver en sträcka af i medeltal ej fullt 200 km. banlängd för hvarje kraftstation.

Enligt planen blir största afståndet från en kraftstation till den mest aflägsna delen af tillhörande bansträcka ej öfver 160 km. Detta afstånd är ej större, än att jag tänkt mig möjligheten däraf, att vid eventuellt uppkommande tillfälligt fel å en kraftstation, hvarigenom denna blir urståndsatt lämna ström, skall åtminstone den allra nödvändigaste trafiken å dennas distrikt kunna bedrivas med ström från de närliggande kraftstationerna, hvarvid då möjligen en del tåg kunde besörjas af ånglokomotiv. Härigenom skulle från en kraftstation ström komma att lämnas på ett afstånd af 200 å 300 km., hvilket ej torde få anses öfverdrifvet i betraktande däraf, att i Förenta Staterna elektrisk arbetsöfverföring med fördel användes på afstånd af öfver 300 km., hvarvid en spänning af cirka 40,000 volt användes och enligt senaste meddelanden till och med 60,000 volt. Emellertid fordras tydligen för att en kraftstation skall kunna tjänstgöra som en reserv för de angränsande, att dess krafttillgång är riklig, hvarför det är viktigt, att sådana kraftkällor väljas, som ha väsentligt större kraft, än som för det egentliga behovet erfordras. För att emellertid driften ej må fördyras genom att kraftstationerna utrustas med maskineri, som endast mycket sällan kommer till användning, har jag tänkt mig möjligheten af att från kraftstationerna leverera ström för andra ändamål, först och främst för järnvägarnes eget behof af drifkraft vid verkstäder, belysning af stationer m. m., men dessutom för industriens behof samt för belysning af städer och samhällen, vid hvilka anläggningar för ändamålet behöflig reserv kan erhållas genom strömmens omvandling till likström och användandet af ackumulatorsbatterier. Strömmen skulle då af järnvägen levereras på det villkor, att vissa inskränkningar i kraftbeloppet finge tolereras, när bandriften så fordrar, hvilket emellertid vid ett rationellt utförande

ytterst sällan torde komma i fråga. I de mera befolkade delar af landet, hvarest upprätthållandet af trafiken under alla omständigheter är af största betydelse och reserv således mest nödvändig, torde det ej heller möta svårighet att erhålla afnämare för den öfverflödiga strömtillgången. Vid de stora kraftstationer, som för järnvägsdriften erfordras, bör strömmen kunna framställas och säljas så billigt, att dess tillhandahållande måste betraktas som en verklig vinst för landets industri och öfriga näringar, och tillika medföra så pass stor behållning, att järnvägarnes eget behof af ström kommer att erhållas mycket billigt. För utjämnande af de i alla fall oundvikliga belastningsvariationerna å kraftstationerna kan den elektrokemiska industrien vara särskildt nyttig, enär sådan i allmänhet utan olägenhet kan använda ström af betydligt varierande styrka, hvarför sådan ström bör af järnvägen kunna tillhandahållas till extra lågt pris.

Af de i planen upptagna kraftstationerna äro 17 för vattenkraft och 5 för torf. För samtliga dessa finnas ungefärliga uppgifter om naturkraften utom för den med n:r 12 betecknade sydvest om Stockholm belägna torfstationen. Det är visserligen bekant, att torfmossar finnas i Södermanland såväl i närheten af Järna som mellan Elfsjö och Huddinge och på andra ställen, men någon fullständig utredning angående verkliga tillgången och lämpligaste platsen för en kraftstation föreligger icke. Om också icke tillräckligt stort mosskomplex finnes på ett ställe, torde man kunna förutsätta, att man från flere mossar på få miles afstånd från kraftstationen kan erhålla tillräckligt med torf för ändamålet, om ock till följd af transporten priset blir något högre än å de andra torfstationerna, som tänkas placerade i centrum af stora mosskomplex.

Beräkningar enligt mobilomformaresystemet.

Jag vill nu öfvergå till en beräkning af ungefärliga anläggnings- och driftkostnaden för statsbanenätet enligt det omtalade mobilomformaresystemet. Beräkningen hvilar på följande förutsättningar och förberedande beräkningar.

Förutsättningar:

1. *Bansträckningarna* äro medräknade alla å kartan angifna, således äfven den under arbete varande Bohuslänsbanan. Totala banlängden uppgår till 4,332 kilometer.

2. *Trafiken*, Ehuru, som förut blifvit påpekadt, väsentligt bättre resultat kan påräknas genom en med speciel hänsyn till elektrisk drift

företagen omarbetning af farplanerna, har jag för enkelhetens skull här gjort det ogynnsamma antagandet, att de nuvarande trafikförhållandena bibehållas, så att farplanerna förblifva oförändrade, och ånglokomotiven helt enkelt ersättas med elektriska lokomotiv af samma styrka. Den enda förändring, jag ansett mig i vissa fall kunna göra, består däruti, att ett och annat extra godståg, som enligt de för sommaren 1902 gällande farplaner kommer särskildt olägligt och samtidigt med andra tåg, så att kraftmaximum därigenom väsentligt höjes, tänkts flyttadt till annan tid af dagen, då trafiken är svagare, hvarigenom någon utjämning erhållits. Alla ordinarie tåg äro däremot bibehållna liksom de flesta extra. Vid sådana nya eller under arbete varande banor, för hvilka tidtabeller saknas, ha antaganden gjorts angående kraftåtgången på grund af de beräknade resultaten vid andra bansträckningar, som kunna tänkas ha ungefär motsvarande trafik.

3. *Kraftstationerna.* Anläggningskostnaden för dessa är icke upptagen i beräkningarna, enär härför skulle erfordras särskild vidlyftig utredning för hvarje station angående kostnaden för vattenbyggnader, grundläggning, naturkraftens förvärfvande m. m., hvilket nu naturligen varit omöjligt utföra. I stället har jag sökt anskaffa material för bedömande af hvad en hästkraft per år vid turbin- respektive ångmaskinaxel i medeltal kan kosta inclusive ränta och amortering under de belastningsförhållanden, som bandriften medför, och är kostnaden per år beräknad efter dessa medelvärden och de maximala hästkrafttal, som enligt kalkylen för hvarje kraftstation erfordras.

För *kraftstationerna vid vattenfall* finnes rikt material att tillgå för sådana siffrors erhållande. Dels har professor Arrhenius i sin till Vattenfallskommittén afgifna berättelse samlat en del sådana uppgifter både från Sverige och utlandet, dels ha sådana erhållits genom Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, som utfört elektrisk arbetsöfverföring från ett stort antal vattenfall inom landet och vid flere af dessa kommit i tillfälle erhålla kännedom äfven angående kostnaden för anläggning och drift af vattenkraftsanläggningen. Emellertid är det ju tydligt, att kostnaden speciellt för vattenbyggnaderna är högeligen varierande, och för ena fallet kan vara mångfaldigt större än för det andra. På grund af de uppgifter, som stå till mitt förfogande, och i betraktande af de mestadels höga fallhöjderna anser jag emellertid, att som medelvärde torde vara fullt tillräckligt att räkna med en anläggningskostnad af 350 kronor per hästkraft inklusive den elektriska delen af kraftstationen.

För en kraftstation å 5,000 hästkrafter, således betingande en anläggningskostnad af 1,750,000 kronor, beräknas årliga kostnaden som

följer, hvarvid iakttages, att räntefoten såväl här som i det följande satts så låg som $3\frac{1}{2}$ procent, med hänsyn till att staten anskaffar kapitalet:

Ränta $3\frac{1}{2}$ procent å 1,750,000	kronor	61,250: —
amortering och underhåll af:		
vatten- och husbyggnader	33,000: —	
turbiner etc.	10,000: —	
elektriska maskiner och apparater ..	24,000: —	
	»	67,000: —
olja, trassel och dylikt samt löner	»	20,000: —
kostnad för vattnet, 5 kronor per hästkraft	»	25,000: —
diverse	»	11,750: —
Summa kronor		185,000 —

Kostnaden per hästkraft och år beräknas således på detta sätt till $\frac{185,000}{5,000} = 37$ kronor, hvilket värde jag i det efterföljande vill använda.

Som synes, är för vattnet en årlig kostnad af 5 kronor per hästkraft medräknad, hvilket i medeltal med säkerhet bör räcka, då en stor del af vattenfallen egas af staten, och den kostnad, som Staten kan finna skäligt betinga sig, ej gärna kan uppgå till så mycket som 5 kronor per maximihästkraft, då i medeltal endast cirka en fjärdedel däraf tillgodogöres. Däremot kan mot denna beräkning anmärkas, att någon reserv ej är upptagen. Detta är emellertid på den grund, att jag, som förut nämndt, tänkt att kraftstationerna skola vara afsedda att lämna ström för andra ändamål, hvarigenom man åtminstone bör kunna räkna på, att reservmaskinerna betala sig själfva. I vissa fall bör väl äfven användning kunna fås för en del af den energi, som måsta hållas i beredskap för bandriften, men hvaraf maximum endast sällan kommer till användning. Utan hänsyn härtill eller till den vinst, som eljest bör kunna erhållas genom leverans af ström för andra ändamål, är strömkostnaden för bandriften beräknad efter det maximala hästkrafttalet vid turbinaxeln, som vid ogynnsammaste kombination af tågen kräfves, multiplicerad med det antagna priset per hästkraft och år.

Vid beräkning af kostnaden af *drifkraften från torfstationerna* har ej liknande erfarenhet stått till buds som i fråga om vattenkraftstationerna. Emellertid har Munktells Mekaniska verkstads Aktiebolag i Eskilstuna benäget utfört beräkningar öfver sannolika anläggnings- och driftkostnader för sådan kraftstation, och återfinnes denna utredning

bland bilagorna. Kostnaden för den färdiga bränntorfven är här upptagen till 5,50 kronor per ton vid pannorna, och torde detta pris räcka såväl för mossens anskaffande och amortering, som för bearbetning och erforderlig transport af torfven.

För jämförelse må meddelas, att i en publikation af Södra Sveriges Torfindustriförening uppgifves priset för en ton färdig bränntorf tillverkad rationellt i stor skala till cirka 5 kronor inclusive ränta och amortering, och bör väl priset genom förbättrade tillverkningsmetoder än ytterligare kunna nedbringas. Det är gifvet, att vid kraftstationer med så starkt varierande belastning måste man räkna vida högre bränsleåtgång per hästkrafttimme, än som skulle erfordras vid konstant belastning. Torfåtgången per hästkrafttimme är enligt beräkningen:

$$\frac{16,000 \cdot 1,000}{365 \cdot 24 \cdot 800} = 2,3 \text{ kg.},$$

under det att man vid konstant belastning ej skulle behöfva räkna mer än högst 1,4 kilogram. I beräkningen är antagen en medelbelastning af 800 hästkrafter eller $\frac{1}{5}$ af maximum. Enligt senare kalkyler är emellertid förhållandet mellan maximum och medelvärdet = 4,08 hvarför faktiskt bränsleåtgången blir högre eller cirka 19,000 ton i stället för angifna 16,000. Till årliga kostnaden 270,000 kronor tillkommer således kostnaden för 3,000 ton torf à 5,50 eller kronor 16,500, så att totalsumman blir 286,500. Beräknadt efter maximihästkraft blir således årliga kostnaden:

$$\frac{286,500}{4,000} = 71,62 \text{ kr.}$$

eller i rundt tal 70 kr., hvilket värde jag lagt till grund för följande beräkningar. Kostnadan för hästkraft och år är således nära dubbelt så stor som vld vattenfall. Emellertid är det ju tydligt, att om utjämning af belastningen kan erhållas, fås längre bränsleåtgång per hästkrafttimme och därigenom billigare kraftkostnad. Det är äfvenledes möjligt, att genom direkt tillgodogörande af torfgasen medels gasmaskiner i stället för dess förbränning för alstrandet af ånga högre effekt och billigare driftkostnad kan erhållas. Då emellertid ännu ej tillräcklig erfarenhet torde föreligga rörande gasmaskiner af denna storlek och liknande belastningsförhållanden, har jag ej för närvarande kunnat taga denna möjlighet under ompröfning.

De angifna siffrorna 37 och 72 kronor gälla vid turbin, resp. ång-

maskinsaxel, men innefatta, som synes, äfven ränta, amortering, underhåll och skötsel af de elektriska generatorerna, transformatorerna och apparaterna. Genaratorerna utveckla enkelfas växelström, som medels transformatorerna uppbringas till en spänning af cirka 40,000 volt. Frekvensen är antagen till 25 perioder i sekunden. Äfven vid större elektriska arbetsöfverföringar för andra ändamål än bandrift har på senaste åren tämligen allmänt användts låg frekvens till följd af de fördelar, som därigenom vinnas i fråga om självinduktion och kapacitet i ledningar m. m., och vid bandrift, hvarest man vill använda skenorna som ledning, finns ett ytterligare skäl härför, enär elektriska ledningsmotståndet i skenorna ökas betydligt med frekvensen. Emellertid torde en mindre ändring af frekvensen ej inverka väsentligt på resultatet af efterföljande beräkningar. Möjligt är, att vid närmare pröfning skall anses lämpligt använda ännu lägre frekvens än 25 perioder.

4. *Ledningssystemet.* Den från kraftstationen utgående strömmen af c:a 40,000 volts spänning kan tydligen ej direkt användas för lokomotivdriften. Som förut nämnt har med trefasström enspänning af 10,000 volt i vissa fall med fördel användts i kontaktledning, och skulle då för enkelfas med endast en tråd ännu högre spänning kunna användas. Maschinenfabrik Oerlikon föreslår vid sitt system en spänning af 15,000 volt, likaså den förut omtalade amerikanaren Arnold, och torde denna spänning med fördel kunna användas i de fall, hvarest i tunnlar, å stationer och andra ställen, där den höga spänningen är riskabel, antingen kontaktledning alls icke eller ock särskild sådan med lägre spänning användes. Då detta emellertid vid det system, som här är under ompröfning, förutsätter anbringandet af antingen en transformator eller en ackumulator å lokomotivet, hvilket försvåras genom den i alla fall stora vikten af ett omformarelokomotiv, och erfarenheten från Lecco-Colico-banan manar till försiktighet, har jag ej ansett lämpligt räkna med högre spänning än 7,500 volt i kontaktledningen. Framdragandet af en kontaktledning med denna spänning genom en tunnel kräver för åstadkommande af tillräckligt utrymme och säkerhet mot öfverslag, en utvidgning af tunneln, ett arbete som visserligen ej torde vara omöjligt att utföra, men som med säkerhet medför en rätt betydande kostnad. De förslaget åtföljande bilagorna n:o 5 och 6 visa, huru kontaktledningen å fri bana och i tunnel möjligen skulle kunna utföras.

Det är antaget, att skenorna skola användas som ena ledaren för öfverförande af ström till lokomotivet, såsom vid likströmsbanor och spårvägar allmänt brukas. Vid dessa banor medför skenledningen den olägenheten, att till följd af spänningsskillnaden mellan olika punkter af skensystemet en del af strömmen kommer att gå i jorden och ge-

nom där förlagda rör eller andra föremål af metall, hvilka därigenom utsättas för faran af att skadas genom elektrolytiska processer. Då i förevarande fall växelström användes, är emellertid denna möjlighet utesluten, däremot uppstå till följd af den höga spänningen en del andra olägenheter. För personer och kreatur, som komma i beröring med skenorna, torde ringa eller ingen fara föreligga, enär de punkter, som man på en gång kan komma i beröring med, äro så nära hvarandra belägna, att någon afsevärd spänningsskillnad mellan dem ej kan uppstå. Invid spåret belägna ledande föremål, som man möjligen kunde komma i beröring med samtidigt med skenorna, torde lämpligen elektriskt förenas med dessa för undvikande af sådan spänningsskillnad.

Då skenorna användas som ledning, och lokomotivets järnstomme tydligen står i ledande förbindelse med dessa, ställas gifvetvis stora fordringar på isoleringen af de högtension förande elektriska delarne å lokomotivet. Denna svårighet torde emellertid kunna öfvervinnas. Största olägenheten af skenledningen består uti dess skadliga inverkan på de i närheten af banan löpande telegraf- och telefonledningarna. Då telegrafledningarna äro enkeltrådiga och använda jorden som återledning, är det sannolikt, att de i jorden vagabonderande från skenorna utgående banströmmarna komma att inverka skadligt på telegraferingen. Denna olägenhet skulle då afhjälpas genom anskaffande af metallisk återledning för telegrafledningarna, hvarvid sannolikt en tråd skulle kunna användas som återledning för ett stort antal ledningar. Telefonledningarna göras nu allmänt dubbeltrådiga och skulle någon fara för dem ej förefinnas annat än för det fall, att en del tillhörande isolatorer blifvit skadade, så att telefontrådarna ligga an mot isolatorkrokarna af järn. Om stolparna äro fuktiga, kan man tänka sig, att de vagabonderande strömmarna åstadkomma ström genom stolparna och krokarna, så att telefoneringen blefve förstörd, hvartill ej fordras mycket, då telefonströmmarna ju äro ytterst svaga. Häremot kan ej gärna fås annat botemedel än flyttning af telefonledningarna från banans närhet, enär man ej kan tänka sig få pålitlig isolering af telefontrådarna utan afsevärdt ökad kostnad. Vid de schweiziska växelströmsbanorna med skenledning äro visserligen svagströmstrådarna placerade å samma stolpar som banströmstrådarna, utan att mig veterligt nämnvärd olägenhet däraf uppstått, men är spänningen där afsevärdt lägre, hvarför någon slutsats ej kan dragas härutaf för ifrågavarande fall. Visshet om hvilka åtgärder, som böra vidtagas för effektivt skydd af svagströmsledningarna, kan ej vinnas annat än genom experiment. Då emellertid svagströmsledningarna, tillhörande dels statens järnvägar, dels Kungl. telegrafverket, i allmänhet löpa å båda sidor af banan, och stolpar för uppbärande af banledning

garna åtminstone måste upptaga ena sidan, torde en omflyttning af dessa svagströmsledningarna i alla fall erfordras. Dels därför att antalet af sådana ledningar är väsentligt olika på olika bansträckor, dels till följd af ofvannämnda ovisshet angående erforderliga åtgärder, har det varit omöjligt få en något så när exakt siffra för kostnaden för dessa ändringar, utan har jag måst slumpvis insätta en summa härför. Emellertid är det ju tydligt, att genomförandet af elektrisk drift å statsbanorna, om sådan kommer till stånd, kommer att kräfvä en rundlig tid, under hvilken vid eventuellt af andra orsaker påkallade ändringar af svagströmsledningarna hänsyn till dessa förhållanden kan tagas.

Trots de påpekade olägenheter af skenornas användande för ledningen vinnas därigenom så stora fördelar, att man ej gärna vill afstå därifrån. Dels blir kontaktledningen så mycket enklare och driftsäkrare, då endast en tråd behöfver användas, dels motsvara de båda skenorna, vid skarfvärne på lämpligt sätt ledande förbundna, en betydande ledningsarea, som eljes måste ersättas medels dyrbara kopparledningar. Å svenska statbanorna finnas räls med vikt per meter från 40,5 ned till 27,5 kilogram. Mediakttagande af att å en del bandelar med liflig trafik inom närmaste tiden utbyte torde komma att ske af klenare räls mot den gröfsta typen af 40,5 kg. vikt, kan skenvikten i medeltal sättas till ungefär 33 kilogram per meter, hvilket för båda skensträngarne svarar mot en area af c:a 8,450 kvadratmillimeter. Med hänsyn till ökningen af motståndet dels genom öfvergångsmotstånd vid skarfvärne, dels och hufvudsakligen till följd af själfinduktionen kan man antaga, att skenledningen vid en frekvens af 25 perioder har ett motstånd högst 50 gånger så stort som det ohmska motståndet af en lika stor koppararea. Skenledningen skulle då svara mot en kopparledning af $\frac{8450}{50} = 169$ kvadratmillimeter area.

En kopparledning af denna area inkl. isolatorer och uppsättning, men exkl. stolpar, kan beräknas kosta c:a 2,600 kr. per kilometer, hvilken kostnad således till en början skulle tillkomma om skenorna ej användes. Omflyttningen af svagströmsledningarna kan ej gärna kosta mer än en bråkdel af denna summa, hvarför det tydligen äfven är af ekonomisk fördel att behålla skenorna som ledare. Vid användandet af lägre frekvens än 25 perioder blir ledningsförmågan hos skenorna större och ställer sig saken då ännu gynnsammare för skenledningen.

För styrkans och stadighetens skull torde dubbla trästolpar bära anbefallas, då dels en tämligen lång konsol för kontaktledningen måste fästas därvid, dels äfven isolatorerna för högtensionsledningen måste anbringas på rätt stort afstånd från kvarandra, hvarjämte tillkommer iso-

lator för en med kontaktledningen förenad matareledning. Kontaktledningen är här tänkt anbringad öfver spårets midt, hvilket i alla händelser i tunnlar torde blifva nödvändigt. Å fri bana skulle det visserligen vara fördelaktigt ha ledningen å ena sidan, då därigenom kortare och billigare konsol erhålles, och skulle man då äfven lättare kunna vidtaga åtgärder till skydd mot följderna af en eventuelt nedfallande kontakttråd. Om emellertid tråden å fri bana föres på ena sidan om spåret och i tunnlar i midten, skulle härigenom erfordras en kontaktsapparat med förmåga att tillåta ett par meters afvikning i horisontal led. Sådana apparater finnas visserligen i bruk vid elektriska spårvägsanläggningar, men erfarenheten från dessa manar dock ej till efterföljd. Huru kontaktledningen lämpligast skall upphängas och huru kontaktapparaten skall vara beskaffad för ernående af bästa resultat äro i öfrigt spörsmål, som väl kräfva noggrann utredning och experiment. Om sådan anordning användes å lokomotivet, att högtensionskontaktledningen ej behöfver framdragas i tunnlar eller å stationer, kan med lätthet vida mer tilltalande upphängningsanordning erhållas. Vid beräkning af kostnaden för ledningsupphängningen har jag emellertid utgått från den å ritningen visade anordningen, och antager jag, att vid eventuelt utförande konstruktionen åtminstone ej skall behöfva göras dyrare än den här tills vidare föreslagna.

Användandet af dels en högtensionsfjärrledning, dels en kontaktledning med lägre spänning kräver uppställandet af transformatorer längs linien å lämpliga afstånd. Dessa transformatorer få tydligen en mycket varierande belastning, hvilket har sitt maximum, då tågen befinna sig invid transformatorn, men aftager i den mån de aflägsna sig och deras belastning allt mer tillföres angränsande transformatorer. Vissa tider af dagen kommer hvarje transformator att vara alldeles obelastad, längre tid, ju svagare trafiken är. Då den elektriska energi, som kan lämnas af en transformator, hufvudsakligen begränsas af uppvärmningen, böra transformatorernas dimensioner rättas efter trafiken, hvarför de lämpligen göras olika å linjer med olika stark trafik. Äfven bestämmandet af transformatorernas rätta afstånd är ett problem, som ställer sig olika för hvarje särskild bandel. Ju större afståndet dem emellan väljes, desto gröfre kopparsektion måste användas till matareledningen och tvärtom. Man måste så vidt möjligt bestämma afståndet, så att för en viss sträcka summan af kostnaden för transformatorstationerna plus kostnaden för kontakttråden med tillhörande matareledning blir ett minimum. Emellertid torde det vara lämpligt söka få transformatorerna placerade i närheten af stationerna, dels emedan vederbörlig tillsyn härigenom lättare

kan åstadkommas, dels därför att belastningen blir störst å sådana ställen, hvarest tågen mötas.

Enär således ett noggrant bestämmande af transformatorernas kapacitet och inbördes afstånd samt kopparledningarnas areor skulle föra till vidlyftiga kalkyler för hvarje särskild bansträcka, hvilket nu naturligen ej kunnat medhinnas, har jag för att kunna erhålla något så när tillförlitliga siffror rörande kostnaden för dessa anordningar i sin helhet måst räkna med medelvärden. Jag har då räknat med det medelvärde, som angifves i statistiken för år 1900 och 1901, nämligen cirka 170,000 vagnaxelkilometer per år och bankilometer och efter jämförelse med farplanerna till de bandelar, som ega ungefär denna trafikintensitet, erhållit ett visst antal tåg samtidigt å en linje af viss längd, hvarefter jag beräknat de förut nämnda elektriska storheterna för en sådan sträcka. På så sätt har jag erhållit ett medelvärde på priset per kilometer ledning inkl. transformatorer hvilket medelvärde torde komma sanningen så pass nära, som det under förhanden varande förhållanden varit möjligt.

Transformatorerna uppställas lämpligen i murade hus af tegel med järndörr. Här anbringas äfven åskledare och erforderliga elektriska apparater. Ständig tillsyn kräfva transformatorerna ej, men bör inspektion då och då företagas, såväl af transformatorstationerna som af ledningsanordningarna.

Resultatet af ofvan omtalade medeltalsberäkning gifver vid handen, att transformatorerna lämpligen uppställas på ett afstånd af 40 kilometer, att 7 500-volts ledningen utföres med en kontakttråd om 50 kvadratmillimeter och en lika grof matareledning, samt att högtensionsledningens area lämpligen bestämmes till 100 kvadratmillimeter för hvar pol. Totala koppararean blir således 300 kvadratmillimeter. Härvid erhållas då ungefär följande maximala spänningsförluster:

högtensionsledningen.....	4,5 %
transformatorerna.....	3,0 »
kontaktleddningen.....	9.5 »
Summa 17,0 %	

Det är dock att märka, att dessa maximivärden ej uppträda samtidigt, utan vid olika tågkombinationer, hvarför totala spänningsförlusten ej torde komma att uppgå till mer än 12 à 14 %.

En transformatorstation med 3 st. parallelkopplade transformatorer, af hvilka två i nödfall kunna taga hand om belastningen, erforderliga elektriska apparater samt byggnad af tegel med grund, inredning och uppsättning af det hela beräknas kosta 24,000 kronor.

En upphängningsanordning å fri bana med två trästolpar af 11 meters längd, konsol af U-järn med stag, tvärreglar af impregneradt trä, isolatorer för högtensions- och matareledningarna, isolatorer och hållare för kontakttråden, bultar, beslag m. m. samt gräfning och uppsättning dock utan trådens montering beräknas kosta 110 kronor.

I vissa fall af bergskärning, i tunnlar, vid stationer och broar torde blifva nödvändigt skilja kontaktledningen från de öfriga ledningarna, som då föras å särskilda stolpar, hvarigenom kostnaden blifver något högre.

Om man frånser från tunnlar och stationer, torde medelpriset pr kilometer kunna beräknas ungefär som följer:

30 st. upphängningsanordningar å kronor 100	kr. 3,300: —
300 kvadrattmillimeter koppar 2,700 kilogram å 1,32	» 3,560: —
montage af ledningarna	» 600: —
1 transformatorstation å kronor 24,000 på hvar 40 kilometer	
24,000 = per kilometer	» 600: —
40	
ökad kostnad för ledningarnas anbringande vid bergskär-	
ning, broar etc.	» 350: —
åskledare och skyddsanordningar	» 350: —
250 st. elektriska skenförbindningar med montage å kr. 2,60	» 650: —
diverse och oförutsedt	» 290: —

Summa per kilometer kronor 9,700: —

I tunnlar torde blifva nödvändigt göra utvidgningar upptill och samtidigt anbringa upphängningsanordningarna för kontakttråden tätare. Kostnaden för detta arbete, som gifvetvis blir svårt att utföra under pågående trafik, har jag antagit till kronor 100 pr meter.

Högtensionsledningarna äro, som af det föregående synes, beräknade med tämligen ringa spänningsförlust, detta dels för att möjliggöra närliggande kraftstationers användning som reserv för en felaktig sådan, dels för åstadkommande af någon belastningsutjämning. För detta ändamål erfordras hopkoppling af högtensionsledningarna och synkron gång af dessa stationers maskiner. Det senare torde ej vara särdeles svårt att åstadkomma, om endast vid igångsättningen af maskineriet å en station hänsyn tages härtill, och stationernas föreståndare medels telefon och telegraf stå i förbindelse med hvarandra. Den elektriska hopkopplingen af flere kraftstationer gifver ett stort sammanhängande högtensionsnät, vid hvilket ett eventuellt afbrott af en ledning till följd af

kapacitetens och självinduktionens samverkan kan åstadkomma väsentlig förhöjning af spänningen med åtföljande faror och obehag. Det torde vara omöjligt att på teknikens nuvarande ståndpunkt afgöra, huru långt man lämpligen kan drifva en sådan sammankoppling, men erfarenheten från de stora anläggningarna i västra delen af Förenta Staterna, så vidt den här är bekant, tyckes dock ej tyda på oöfverstigliga svårigheter i detta afseende. I efterföljande beräkningar angående kraftåtgången är antaget, att högst 4 kraftstationer på en gång äro hopkopplade, och att afbrott göres å sådana ställen, hvarest någon nämnvärd samverkan mellan stationerna i alla fall ej kan påräknas. För att ej i onödan ha alltför stora sammanhängande nät, kan man tänka sig saken så, att hopkoppling verkställes först, då behovet sådant kräfver, och afkoppling sedan äger rum. Vid regelbunden trafik vet man ju, vid hvilka tider på dygnet maximum inträder vid hvarje station och kan rätta sig därefter. Gifvetvis böra såväl högtensions- som kontaktledningarna å lämpliga ställen t. ex. vid transformatorstationerna förses med strömbrytare, som möjliggöra urkoppling af en ledningssträcka, å hvilken fel uppstått, och kan då äfven medels dessa apparater stationernas inbördes sammankoppling efter behof regleras. En jämförelse mellan farplanerna för olika bandelar visar, att tidpunkterna för största belastning af angränsande kraftstationer i allmänhet ej sammanfalla, utan kan därför genom sådan hopkoppling, som antagits, en viss utjämning erhållas, hvilken, ehuru lågt räknad, såsom af följande beräkningar framgår, nedsätter maximalbelastningen af en del kraftstationer.

Vid beräkningarna är antaget, att följande kraftstationer kunna vara sammankopplade: (se tabellen).

N:ris	Banlängd, km.
1—2—3	568
4—5—6	657
7—8	568
9—10	480
11—13—16	388
12—14—15	511
17—18	581
19—20—21—22	579

Summa 4,332 km.

Vid samtliga trådars — äfven kontaktledningens — upphängningspunkter, är sådan anordning vidtagen, att om en tråd skulle brista, kommer den ena eller bägge af de nedfallande ändarne att erhålla jordförbindning, så att kortslutning uppstår, hvarvid den automatiska apparaten

i transformatorstationen verkar, så att ledningen blir strömlös och ofarlig. Kostnaden för dessa å stolparna anbragta jordförbindningsanordningar är medräknad i ofvanstående. För åstadkommande af vederbörligt skydd för passagerarne mot en eventuelt å vagnen nedfallande kontaktråd kan man lämpligen förse dessa vagnar med å taket anbragta järn, som äro förbundna med vagnsunderredet och således åstadkomma säker kortslutning af kontaktledningen, som då på samma sätt blir strömlös.

Det är tydligt, att kostnaden för ledningsnätet skulle ej oväsentligt kunna nedbringas genom användandet af högre spänning. I Amerika användes redan 60,000 volt vid elektrisk arbetsöfverföring, och för kontaktledning under liknande förhållanden som här, har man, som förut nämnt, flerstädes tänkt sig 15,000 volt. Emellertid har jag för att stå på säkra sidan ej ansett lämpligt räkna med mer än 40,000 och 7,500 volt, hvilka höga spänningar i alla fall till en början torde komma att bereda en hel del svårigheter.

5. *Lokomotiven.* Som i det föregående är nämnt, antages tåg-sammansättningen oförändrad, så att ånglokomotiven ersättas med elektriska lokomotiv af samma styrka. För beräkning af lokomotivens erforderliga hästkrafttal fordras kännedom om såväl största förekommande tåg-vikt som hastigheten. Frånsedt lokomotivets vikt, kan man antaga, att ett snälltåg ej väger öfver 190 och ett godståg, frånsedt de norrländska malmbanornas tåg, ej öfver 600 ton. Enligt farplanerna kan medelhastigheten mellan stationerna, d. v. s. exclusive uppehåll, beräknas till ungefär 60 kilometer för snälltåg och 23 till 28 kilometer för godståg. Under förutsättning att lokomotivet har förmågan att afpassa hastigheten efter belastningen, såsom ett vanligt likströmslokomotiv med seriemotorer, hvilken förmåga i viss grad måste fordras och mycket väl kan erhållas äfven af ett omformarelokomotiv, kan man antaga, att för erhållande af dessa medelhastigheter, hastigheten i en stigning 1:100 bör sättas till resp. 50 och 20 kilometer. Om vikten af ett omformarelokomotiv sättes till 60 ton, hvilken siffra under alla omständigheter bör räcka till, fås följande hästkrafttal i gång uppför stigning 1:100:

$$\text{för snälltåg} \frac{250 (5 + 10) \cdot 50,000}{75 \cdot 3,600} = 695 \text{ hktr,}$$

$$\text{för godståg} \frac{660 (4 + 10) \cdot 20,000}{75 \cdot 3,600} = 685 \text{ hktr,}$$

Å linien Gellivare—Luleå fraktas malmtåg, vägande utom lokomotivet ända till 1,000 ton, och äro äfven här stigningarna större. Emellertid är medelhastigheten här ej öfver 25 kilometer, och går tåget med malm mestadels utför, hvarför å den jämförelsevis obetydliga motlutningen exceptionellt liten hastighet kan tillåtas. Jag anser därför, att lokomotiv utvecklande, säg 700 hästkrafter vid hjulen, naturligen med vederbörlig öfverbelastnings- och hastighetsregleringsförmåga, böra i regel vara fullt tillräckliga för all nu förekommande trafik å svenska statsbanorna. I Norrland förekomma visserligen stigningar 1 : 60, men äro hastigheterna och vissa fall äfven tågvikterna så pass mycket mindre, att man äfven där i bör kunna reda sig med lokomotiv af denna styrka.

För erhållande af så vidt möjligt tillförlitliga uppgifter angående vikt och pris af ett elektriskt omformarelokomotiv af ofvannämnda styrka hafva en del ritningar utarbetats, af hvilka förslaget bilaga n:r 7, visar en sammanställning. Vid utarbetandet af dessa ritningar har biträde lämnats af ingenjören vid statens järnvägar E. Bildt, som därvid konfererat med de ledande tekniska krafterna i kungl. järnvägsstyrelsens maskinbyrå. Uppgifter angående de elektriska maskinerna m. m. äro lämnade af Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget.

Det här visade lokomotivet är afsedt för drifvande af snälltåg. Vid största belastning arbeta dess motorer med en hastighet af c:a 500 hvarf, hvilket vid en utväxling i kugghjulen af 1 : 2,08 och en drifhjulsdiameter af 1,100 millimeter gifver en hastighet af

$$\frac{500 \cdot \pi \cdot 1,1 \cdot 60}{2,08 \cdot 1,000} = 50 \text{ kilometer i timmen.}$$

Lokomotivet skulle komplett väga cirka 59 ton, hvilket är något mindre än förut antagits.

Efter verkställd kostnadsberäkning skulle ett sådant lokomotiv kunna betinga ett pris af cirka 100,000 kronor.

För godstrafik skulle tydligen samma lokomotiv kunna användas med ändring dels af motorernas lindning, så att dessa blifva mera långsamgående, dels af kugghjulens utväxlingsförhållande, så att lämplig hastighet erhålles. Eventuellt skulle ändringen endast behöfva ske medels utbyte af kugghjulen, i hvilket fall ett och samma lokomotiv medels anskaffande af flere satser af kugghjul skulle kunna användas för de mest olika ändamål, och alla erforderliga variationer af dragkraft och hastighet kunna erhållas. Härigenom vunnas tydligen fördelen af större enhet och mindre reserv.

Vid en bibehållen hastighet å motorerna af 500 hvarf vid största belastning erfordras för godslokomotiv ett utväxlingsförhållande å kugg-hjulen af 1 : 5,2, hvilket ej torde vara omöjligt att åstadkomma.

Anläggningskostnad.

Efter fastställande af härmed angifna förutsättningar för bansträckningarna, trafiken, kraftstationerna, ledningssystemet och lokomotiven vill jag nu fullfölja beräkningarna öfver anläggnings- och driftkostnaderna för mobilomformaresystemet.

Kostnaden för ledningssystemet beräknas som följer:

4,332 kilometer ledning inklusive högtensions- och kontaktledningar med isolatorer, stolpar, skenförbindningar och skyddsanordningar efter förut medelpris af kronor 9,700 per kilometer	kr. 42,000,000: —
Extra kostnad för 4,800 meter tunnlar å 100 kronor per meter	» 480,000: —
Extra kostnad för kontaktledning å dubbelspår och stationspår	» 1,500,000: —
Kostnad för högtensionsledningar från kraftstationerna till banan	» 1,000,000: —
Flyttning och ändring af svagströmsledningar	» 2,500,000: —
Diverse och oförutsedt	» 2,520,000: —
Summa kronor	50,000,000: —

I det föregående är angifvet, att ett elektriskt lokomotiv enligt omformaresystemet skulle kosta c:a 100,000 kronor, under det att ett ånglokomotiv i medeltal endast kostar 45,000 å 50,000 kronor. Nu är emellertid att märka, att ej alla lokomotiv torde behöfva ha så stor styrka, som ofvan antagits, nämligen 700 hästkrafter vid hjulen, hvilket på långt när ej torde vara fallet med ånglokomotiven, utan kunna en del elektriska lokomotiv göras svagare och billigare. Vidare tillkommer frågan om lokomotivens arbetsförmåga. Ett ånglokomotiv går nu i medeltal endast cirka 45,000 kilometer pr år eller 125 kilometer om dagen, hvilket ej är mer än hvad en vanlig elektrisk spårvagn, som går med en medelhastighet af cirka 10 kilometer i timmen, tillryggalägger. Orsakerna till det dåliga utnyttjandet af ånglokomotiven är att tillskrifva följande orsaker:

1. I och för tvättning af pannan samt putsning och reparation måste lokomotivet vara i verkstaden i medeltal c:a 80 dagar om året.

2. Lokomotiven arbeta i regel endast inom ett visst distrikt, hvilket försvårar en ekonomisk användning af densamma.

Det är gifvet, att ett elektriskt lokomotiv äfven vissa dagar om året måste intagas för reparation och putsning, dock tyder all erfarenhet hittills på, att vida mindre tid kommer att gå åt härför, hvilket äfven ligger i sakens natur, då hufvudsakligen roterande maskindelar användas, hvilka så godt som alla äro lätt tillgängliga för inspektion. Skulle fel uppstå å en del, torde utbyte lätt kunna ske, och en reservdel insättas. Ehuru ett omformarelokomotiv innehåller flera delar och således flera felkällor än ett vanligt likströmslokomotiv, har man anledning antag, att i stället för 80 dagar hälften eller 40 dagar om året skall räcka till för underhåll och reparationer. Då vidare alla lager till de roterande maskinerna äro själfsmörjande, och manöverapparaten, medels hvilken föraren behärskar rörelsen, är särdeles enkel och lättskött, bör man, under förutsättning att lokomotiven äro af något så när liknande anordning, kunna låta dessa byta förare lika väl som vid vanliga elektriska spårvagnar, och torde ej heller hinder möta att låta lokomotiven följa de genomgående tågen genom flera distrikt. På så vis bör man kunna påräkna, att de elektriska lokomotiven gå åtminstone 100,000 kilometer pr år i medeltal. Jag föreställer mig, att trafiken skulle kunna skötas med exempelvis följande antal lokomotiv:

150 st. stora lokomotiv å 700 hästkrafter till	
pris af kronor 100,000 pr st.	kronor 15,000,000: —
100 st. mindre d:o å 400 hästkrafter till pris af	
cirka kronor 70,000 pr st.	» 7,000,000: —
150 st. ånglokomotiv för reserv och växlingar	
vid större stationer å kronor 45,000	» 6,750,000: —
Summa kronor 28,650,000: —	

Enligt statistiken för år 1901 förefunnos då 633 lokomotiv med en sammanlagd anskaffningskostnad af öfver 29,000,000 kronor, hvilken summa för den i denna utredning beräknade större banlängden torde uppgå i proportion till nära 33,000,000 kronor. Enligt samma statistik var antalet tågkilometer pr bankilometer 4,576. Vid en banlängd af af 4,322 kilometer och en arbetsförmåga hos hvarje lokomotiv af

100,000 kilometer pr år, fås antalet erforderliga lokomotiv för tåg-tjänsten till

$$\frac{4,576 \cdot 4,332}{100,000} = 198.$$

Då jag i det föregående upptagit hela antalet till 400 st., antager jag, att detta med säkehet bör räcka. Till ytterligare bestyrkande af att ett vida mindre antal elektriska lokomotiv erfordras, än nu ånglokomotiv, vill jag framhålla, dels att nu ofta två ånglokomotiv användas för ett tåg, dels att vid de elektriska lokomotiven mindre reserv torde erfordras, enär, som förut påpekadt, genom kugghjulens utväxlande samma lokomotiv kan tjäna till reserv såväl för gods- som snälltågsmaskinerna.

Med anledning af ofvanstående har jag antagit, att det för rullande materiel erforderliga kapitalet åtminstone ej skall behöfva vara större än vid nuvarande driftsystem. Härvid antages, att den elektriska driften införes successivt, så att flera ånglokomotiv ej inköpas, utan vid behof af flera lokomotiv elektriska sådana anskaffas, och ånglokomotiven få arbeta till dess de äro utslitna.

Kraftstationernas anläggningskostnad torde gå på cirka 50,000,000 kronor, om de skola tagas till för leverans af ström äfven för andra ändamål, hvilket kapital här ej medräknas, enär ränta och amortering härför ingå i den beräknade årliga kostnaden för drifkraften. Frånsedt denna summa blir det ökade kapitalet endast summan för ledningsanordningarna, i det föregående beräknad till 50,000,000 kronor.

Driftkostnad.

En jämförelse mellan driftkostnaden för elektrisk och nuvarande drift utföres lämpligen genom beräkning af de årliga kostnader, som tillkomma genom den elektriska driften, och af de utgiftsposter för den nuvarande driften, som vid införandet af elektrisk drift bortfalla eller förminskas.

Jag vill då först söka beräkna de tillkommande utgiftsposterna.

För den största af dessa, nämligen kostnaden för drifkraften, är det nödvändigt att först bestämma erforderliga antalet hästkrafter vid kraftstationerna. För noggrann beräkning häraf skulle tydligen krävas kännedom om vanligen förekommande tågvikter m. m. för hvar bansträcka, hvilka uppgifter det emellertid nu ej varit möjligt anskaffa. Jag har därför äfven här nödgats räkna med medelvärden. Om snäll- och persontåg sins emellan samt gods- och arbetståg sins emellan sammanslås, erhålles ur statistiken för år 1900 följande ungefärliga värden:

	Tågkm.	Antal axlar pr tåg.	Vikt pr axel.	Medeltåg- vikt excl. lokomotiv.	Bruttoton km., excl. lokomotiv.	Vagnaxel- km.
Snälltåg	1,410	21,2	7	148	208,700	29,800
Bland. tåg	1,340	28,2	5,2	147	197,000	37,800
Godståg	1,782	57,5	5,0	288	513,200	102,400
Summa	4,532	—	—	—	918,900	170,000

Motsvarande medelvärden å tågvikterna enligt statistiken för år 1901 afvika ej väsentligt från ofvanstående. Som synes, äro medelvärden betydligt lägre än de maximivärden, som lagts till grund för beräkning af lokomotivets kapacitet. Emellertid torde man dock vid beräkning af kraftstationerna ej kunna räkna med så låga tågvikter som dessa medelvärden, enär det stundom kan förekomma, att samtliga de å en kraftstations område befintliga tågen äro tyngre än medelvikten. Å andra sidan torde det med hänsyn till statistiken vara orimligt att räkna med de omtalade maximivärdena för alla tåg. Jag har därför för beräkningen fastslagit följande tågvikter incl. lokomotiv:

snälltåg	235 ton
blandadt tåg	260 »
godståg	480 »

För hvarje kraftstation ha profilerna och farplanerna (för sommaren 1902), där sådana kunnat erhållas, studerats, och med ledning häraf beräknats kraftåtgången vid största antal samtidiga tåg och ogynnsammaste kombination af dessa. De härigenom erhållna värdena å hästkrafttalen vid hjulen äro upptagna i tabellen.

Efter jämförelse med samtidiga belastningsförhållandena vid de kraftstationer, som äro sammankopplade med den ifrågavarande, är där-
efter uppskattadt, hur mycket hjälp med säkerhet bör kunna erhållas från dessa. De så ehållna reducerade värdena äro i tabellen uppförda i en särskild kolumn, och motsvarande generatorhästkrafter i en annan. På detta vis erhålles en summa för hela landet, hvilken jag anser bör vara fullt tillräcklig, nämligen 102,000 hktr, däraf 80,4000 hktr vid vattenfalls- och 21,600 hktr vid torfmossestationerna.

För jämförelse kan det vara intressant och för beräkning af bränsleåtgången vid torfmossestationerna särdeles viktigt att beräkna belast-

ningen i medeltal vid kraftstationerna. Om medelvikten af en vagns-axel enligt statistiken för år 1900 sättes till 5,4 ton, fås antalet tonkilometer excl. lokomotiv till $170,000 \cdot 4,332 \cdot 5,4 = 4 \cdot 10^9$; med tillägg för lokomotivtonkilometer fås totala antalet tonkilometer till cirka $52 \cdot 10^8$. Antalet wattimmar pr tonkilometer kan enligt verkställd approximativ beräkning och jämförelse med andra elektriska banor med liknande förhållanden sättas till högst 18 vid hjulen. Häraf beräknas antalet generatorhästkrafter i medeltal pr år, om totala medelverkningsgraden sättes till 0,58:

$$\frac{52 \cdot 10^8 \cdot 18}{365 \cdot 24 \cdot 736 \cdot 0,58} = 25,000 \text{ hästkrafter.}$$

Förhållandet mellan maximi- och medelbelastningen af kraftstationerna blir således:

$$\frac{102,000}{25,000} = 4,08.$$

De beräknade årliga kostnaderna för elektrisk drift blifva, som följer:

$3\frac{1}{2}$ % ränta å kronor 50,000,000 1,750,000: —

Amortering och underhåll:

linjekoppar, skyddstrådar m. m. $1\frac{1}{2}$ % ...	450,000: —	
stolpar 10 %	400,000: —	
transformatorer och apparater 10 %	300,000: —	
byggnader 2 %	20,000: —	
islatorer o. d. 10 %	400,000: —	
diverse	180,000: —	1,750,000: —

Årliga kostnaden för drifkraften:

80,400 hästkrafter vid vattenkraftstationer å kronor 37	
pr år	2,974,800: —
21,600 hästkrafter å torfmossestationer å kronor 72	1,555,200: —
ökade kostnader för administration och aflöningar åt nya	
tjänstemän och banbetjante	350,000: —
diverse och oförutsedda utgifter	320,000: —
Summa kronor	8,700,000: —

De nuvarande utgiftsposter, å hvilka *besparing* kan vinnas, torde vara hufvudsakligen följande:

Stenkol. Enligt statistiken för år 1901 var åtgången af stenkol 348,863 ton och antalet vagnaxelkilometer $653 \cdot 10^6$, hvilket utgör cirka 535 ton pr en milljon vagnaxelkilometer (mot 553 ton år 1900). År 1901 var vidare kostnaden för bränsle incl. ved till uppeldning 6,107,000 kronor, hvilket motsvarar kronor 17,50 pr ton stenkol. Med bibehållande af den nuvarande trafikintensiteten 170,000 vagnaxelkilometer pr ban-kilometer och den antagna längden 4,342 kilometer skulle enligt nuvarande förhållanden kolåtgången blifva:

$$\frac{170,000 \cdot 4,332}{1,000,000} \cdot 535 = 394,000 \text{ ton.}$$

Genom införandet af elektrisk drift enligt de gjorda antagandena skulle stenkol endast användas till ett mindre antal ånglokomotiv för stations- och reservtjänst. Om 150 ånglokomotiv bibehållas, och dessa antagas göra i medeltal högst 40,000 kilometer pr år, blir förbrukningen af stenkol, om åtgången sättes till 9 kilogram för lokomotivkilometer (enligt statistiken för 1901 är siffran för stationstjänst endast 7,33 kilogram.)

$$\frac{150 \cdot 40,000}{1,000} \cdot 9 = 54,000 \text{ ton.}$$

Minskningen i kolförbrukningen utgör således $394,000 - 54,000 = 340,000$ ton. För beräkning af den härigenom vunna besparingen gäller det att antaga ett pris pr ton stenkol. Detta pris, som de senaste åren varit uppe i 25 kronor och däröfver, är nu åter nere i cirka 15 kronor. Om detta senare värde insättes, fås besparingen till $340,000 \cdot 15 = 5,100,000$ kronor. Jag förmodar, att om ånglokomotiv, såsom här antagits, skola användas för stations- och reservtjänst, kan härtill som bränsle användas torf exempelvis i form af briketter, hvilkas tillverkning då torde kunna kombineras med framställningen af brännstoff för kraftstationerna.

Underhåll och reparation af lokomotiven. Kostnaden för lokomotiv-reparationer uppgick enligt statistiken för år 1900 till kronor 8,94 och för 1901 till kronor 9,71 pr 100 lokomotivkilometer. Pr 1,000 vagnaxelkilometer utgjorde samma kostnad resp. 3,58 och 3,86 kronor. För mina beräkningar vill jag antaga de lägre värdena 8,94 och 3,58. Antalet

vagnaxelkilometer efter föregående antaganden utgör 4,332·170,000, och under förutsättning af ånglokomotiv blefve då reparationskostnaden:

$$\frac{4,332 \cdot 170,000}{1,000} \cdot 3,58 = 2,640,000 \text{ kronor.}$$

Om nu endast 150 ånglokomotiv för stations- och reservtjänst bibehållas, hvilka göra 150·40,000 kilometer, blir reparationskostnaden för dessa.

$$\frac{150 \cdot 40,000}{100} \cdot 8,94 = 536,000 \text{ kronor.}$$

Rörande kostnaden för reparation och underhåll af elektriska lokomotiv af detta slag föreligger ju ingen erfarenhet. Likströmslokomotiven till Orleansbanan och Ouestbanan vid Paris ha hittills årligen i reparation kostat ungefär 1,5 % af anskaffningskostnaden, hvarvid dock är att märka, dels att de till följd af kort farsträcka och ogynnsam farplan ej gå mer än c:a 66,000 kilometer pr år, dels att de första åren gifvitvis äro billigast. Enligt statistiken för år 1901 betingade då befintliga vagnar vid statsbanorna en anskaffningskostnad af kronor 60,800,000 och en reparationskostnad af kronor 2,133,900, hvilket svarar mot ungefär 3,5 % af anskaffningskostnaden. För elektriskt maskineri i allmänhet brukar man räkna för underhåll 2 à 3 % af anskaffningskostnaden. På grund af dessa siffror antager jag, att för de här ifrågasatta elektriska lokomotiven bör 5 % med säkerhet räcka till, hvarvid naturligen förutsättes, att införande af elektrisk drift ej sker förr, än genom erforderliga experiment de s. k. barnsjukdomarne öfvervunnits.

Enligt föregående är anskaffningskostnaden för dessa elektriska lokomotiv kronor 22,000,000, och blir då reparationskostnaden för dessa 1,100,000 kronor. Läggas härtill kronor 536,000 för de 150 ånglokomotiven, fås totala kostnaden till kronor 1,636,000 mot kronor 2,640,000 om enbart ånglokomotiv användas. Besparingen skulle således uppgå till 1,004,000 eller i rundt tal 1,000,000 kronor.

Aflöningen åt eldare m. m. Aflöningar och öfriga omkostnader för eldare, pumpare och kolvakter uppgick år 1901 till minst 1,600,000 kronor vid en trafiklängd af 3,849 kilometer, hvilket vid en utsträckning af banlängden till 4,332 kilometer i proportion torde utgöra c:a 1,800,000 kronor. Då det är tänkt, att en del ånglokomotiv bibehållas, kan tydligen denna summa ej inbesparas, men jag förmodar, det ej är öfverdrifvet antaga,

att årliga kostnaden nedsättes till kronor 800,000, hvarigenom 1,000,000 kronor inbesparas.

Diverse. Å maskinafdelningens utgiftsposter torde reduktion äfven kunna påräknas i smörjätgång för lokomotiv samt i tågbelysningen. Den senare kan vid elektrisk drift fås särdeles billigt och dessutom blifva vida mer tillfredsställande, än nu är fallet, och att smörjätgången bör blifva mindre, är tämligen tydligt, då endast roterande maskiner användas, hvarest det förbrukade smörjämnet med lätthet kan tillvaratagas och efter rening åter användas. Vidare bör både bättre och billigare belysning kunna erhållas af stationerna, lokomotiv- och vagns-stall m. m. I vissa fall, hvarest ström under somliga tider finns till öfverflöd, torde man äfven med fördel kunna anordna elektrisk uppvärmning såväl af tågen som af järnvägens byggnader. Kostnaden för de besparingar, som härigenom kunna vinnas, är emellertid svår att beräkna, hvarför jag i det följande insatt en summa 100,000 kronor, som jag antager vara lågt tilltagen.

De *besparingar*, som på grund af föregående beräkningar kunna väntas *genom införande af elektrisk drift*, uppgå alltså till:

stenkol 340,000 ton à kronor 15	kr. 5,100,000: —
lokomotivreparationer ..	» 1,000,000: —
aflöningar m. m. åt eldare, pumpare, kolvakter	» 1,000,000: —
diverse	» 100,000: —
Summa kr. 7,200,000: —	

Resultatet visar således en besparing af kr. 7,200,000, under det att de genom den elektriska drifkraften tillkommande kostnaderna uppgå till kronor 8,700,000, och skulle således efter detta den elektriska driften kosta kronor 1,500,000 *pr år mera* än driften enligt nuvarande system. Då totalkostnaden för lokomotivtjänsten räknadt *pr vagnaxelkilometer* vid ett stenkolspris af 15 kronor uppgår till c:a 2,1 öre skulle således tillkomma

$$\frac{1,500,000 \cdot 100}{4,332 \cdot 170,000} = 0,2 \text{ öre, hvarigenom kostnaden skulle ökas till } 2,3 \text{ öre. Härvid är emellertid att märka:}$$

1) Efter allt att döma är stenkolspriset fränsedt tillfälliga variationer i ständigt stigande, hvarför det i en framtidsberäkning som denna torde vara mera berättigadt att räkna med ett pris af 20 kronor *pr ton*. Om denna siffra insättes, blir besparingen i stenkol $340,000 \cdot 20 = 6,800,000$ kronor och hela besparingen 8,900,000 kronor d. v. s. större än de nya utgiftsposterna, som beräknats till 8,700,000 kronor. *Vid ett stenkolspris af 20 kronor*

skulle således den elektriska driften medels mobilomformaresystemet vara billigare än med ånglokomotiv, som då skulle kosta ungefär 2,33 öre pr vagnaxelkilometer.

2) Bland utgifterna för elektrisk drift spelar kostnaden för drifkraften största rollen, och är, som synes, denna vida dyrare å de kraftstationer, hvarest torf användes, än vid vattenkraftsanläggningarna. Ett begrepp om, hvad driftkostnaden pr vagnaxelkilometer skulle uppgå till i de delar af landet, hvarest tillräcklig vattenkraft finnes att tillgå, kan man erhålla genom att i beräkningen af kostnaden för drifkraften insätta ett pris af 37 kronor för hela kraftbeloppet 102,000 hästkrafter. Drifkraften skulle då kosta $102,000 \cdot 37 = 3,774,000$ kronor i stället för $2,974,800 + 1,555,200 = 4,530,000$ kronor, och hela summan blefve då $7,944,000$ i stället för $8,700,000$ kronor. Kostnaden pr vagnaxelkilometer skulle då uppgå till

$$2,1 + \frac{(7,944,000 - 7,200,000)}{170,000 \cdot 4,332} \cdot 100 = 2,2 \text{ öre}$$

under det samma kostnad vid ångdrift, som förut nämnadt, utgör 2,1 resp. 2,33 öre vid ett stenkolspris af 15 kronor resp. 20.

3) Ofvanstående beräkningar för den elektriska driften gälla landet i dess helhet eller större delar däraf. Emellertid är det ju tydligt, att å vissa bansträckor äro förutsättningarna för elektrisk drift gynnsammare än å andra, dels till följd af intensivare trafik och möjlighet att i viss grad fördela densamma, så att proportionen mellan kraftstationens maximi- och medelbelastning blir gynnsammare än i medeltal för hela landet, dels till följd af lägre kostnad för drifkraften och andra orsaker. Man bör därför kunna påräkna, att å en del bansträckningar relativt gynnsammare resultat för den elektriska driften skall kunna erhållas, än ofvanstående medeltalsberäkningar angifva.

4) Om man tänker sig, att trafiken i en framtid kommer att ökas, så att flera tåg erfordras, torde man i många fall kunna insätta dessa på sådana tider, att de ej öka kraftstationernas förutvarande kraftmaximum eller åtminstone ej på långt när i samma proportion som trafikens tillväxt. På grund häraf kan man med säkerhet antaga, att vid stigande trafik kostnaden per vagnaxelkilometer med elektrisk drift kommer att nedgå, under det att med ånglokomotiv denna kostnad förblir oförändrad. Då det får betraktas som mycket sannolikt, att trafikintensiteten kommer att stiga, kan man därför antaga, att förhållandena i detta afseende i framtiden skola ställa sig gynnsammare för elektrisk drift än utförda beräkningar visa.

Andra system.

Af det föregående torde framgå, att redan på teknikens nuvarande ståndpunkt elektrisk drifkraft skulle kunna användas för hela landet till en kostnad, som åtminstone ej vore väsentligt högre än vid drift med ånglokomotiv, och att sannolikt för vissa bansträckor genom elektriciteten billigare drift skulle kunna erhållas. Emellertid är det tydligt, att om man med fördel kan använda enkelfas växelström för järnvägsdrift trots den komplicerade och kraftödande omsättningen till likriktad ström å lokomotivet, så *blifva förutsättningarna till framgång väsentligt större, om man kan anordna så, att växelströmmen direkt kan användas för drift af motorerna.* I det föregående har talats om *det af Arnold föreslagna systemet*, som redan är under utförande, och om hvilket närmare data snart torde vara att förvänta. Vid detta system användes asynkron enkelfasmotor och komprimerad luft som ackumulator, så att motorn aldrig behöver igångsättas med belastning, hvilket gör det möjligt att använda sådan motor. Då uppgifter ännu saknas rörande verkningsgraden m. m. vid omsättningen till komprimerad luft, är det svårt att nu yttra sig om kostnaden vid detta system i jämförelse med omformarsystemet. Då emellertid dels anläggningskostnaden för linjen bör kunna reduceras, då ledning ej behöver användas i tunnlar och stationer, och mindre koppar torde erfordras till följd af den jämnare belastningen, dels till följd af ackumuleringen kraftstationernas maximibelastning sannolikt kommer att nedgå, är det möjligt, att en beräkning efter detta system skall gifva ett gynnsammare resultat.

Ett ännu nyare uppslag i frågan har i dagarne framkommit äfvenledes från Amerika genom ett föredrag hållet af cheffingenjören *B. G. Lamme vid det stora Westinghouse-bolaget.* Denna firma har nu under utförande komplett elektrisk utrustning för en bana af öfver 50 kilometers längd efter ett nytt system, hvilket förut endast provvats i bolagets fabriker. Det nya systemet baserar sig likaledes på användandet af enkelfas växelström med användandet af motorer, som matas direkt af sådan ström, och äro dessa motorer af en ny konstruktion, i hufvudsak öfverensstämmande med likströmsseriemotorn, hvars goda egenskaper för bandrift äro allmänt kända. I det föregående har nämnts, att någon duglig motor för enkelfas växelström hittills ej kunnat konstrueras. Det har visserligen varit känt, att en vanlig likströmsseriemotor kunnat användas äfven för växelström, om magnetfältet utförts laminerad till undvikande af uppvärmning genom järnförluster, men har användandet

af sådana motorer omöjliggjorts genom den intensiva gnistbildningen vid strömsamlaren, hvilken det ej lyckats att förhindra. Om det emellertid lyckats Westinghouse-bolaget att undanrödja dessa svårigheter och således åstadkomma en växelströmsmotor med egenskaper liknande dem, som likströmsseriemotorn äger, har frågan om elektrisk järnvägsdrift tydligen tagit ett stort steg framåt. Då meddelandet kommer från så kompetent håll, och firman redan avslutat kontrakt om stora leveranser, kan man ej betvifla riktigheten häraf, ehuru ännu ej blifvit meddeladt, genom hvilka medel man lyckats öfvervinna de med sådana motorers konstruktion förenade svårigheterna. Om man emellertid antager, att sådana seriemotorer för växelström kunna konstrueras, blir det jämförelsevis enkelt att åstadkomma fullgoda elektriska lokomotiv med väsentligt mindre vikt och högre verkningsgrad än omformarelokomotiven. Såväl lokomotivens anskaffnings- som reparationskostnad blifva äfvenledes betydligt minskade och kraftbehovet ej oväsentligt reduceradt, dels till följd af den mindre döda vikten, dels till följd af den högre verkningsgraden.

Då genom hela omformaremaskineriets bortfallande lokomotivets vikt i alla fall torde blifva mindre än motsvarande ånglokomotivs, är det i sådant fall skäl att å lokomotivet anbringa en transformator, som ned-sätter den högspända linjespänningen till en för motorerna mera passande lägre arbetsspänning. Detta blir äfven fallet vid den bana, som nu utföres efter detta system. På så vis kan då äfven den fördelen vinnas, att lågspänd kontaktledning användes i tunnlar och å bangårdar, hvilket ju måste betraktas som en stor fördel. Därigenom tillkommer visserligen kostnaden för en del linjetransformatorer å dessa ställen, hvilket emellertid torde motvägas genom den kopparbesparing, som vinnes därigenom, att högre spänning i öfriga delar af kontaktledningen bör kunna tillåtas. Anläggningskostnaden för ledningssystemet bör därför åtminstone ej blifva större än förut beräknadt för omformare-systemet. Priset för ett lokomotiv af samma styrka med transformator bör däremot kunna reduceras från 100,000 kronor enligt omformare-systemet till c:a 75,000 kronor vid en vikt af ungefär 40 ton.

Minskningen i årlig kostnad gent emot omformaresystemet består dels i räntevinst, i det mindre kapital erfordras för lokomotivens anskaffning, dels i minskade reparationskostnader å dessa till följd af den större enkelheten i konstruktionen, dels äfven i mindre kostnad för drifkraften.

En approximativ kalkyl enligt i öfrigt samma förutsättningar som i det föregående visar för Westinghouse-systemet en minskning i de

årliga kostnaderna med cirka 1,200,000 kronor jämfördt med mobilomförmaresystemet, och skulle kostnaden per vagnaxelkilometer i enlighet med föregående då uppgå till 2,14 öre.

På grund af ofvanstående vill jag som min åsikt uttala, att *det inom kort skall vara möjligt att medels användande af enkelfas växelström åstadkomma billigare drift å svenska statsbanorna, än hvad som kan erhållas med ånglokomotiv*, äfven om nuvarande trafikförhållanden i hufvudsak bibehållas, och i den mån dessa kunna ändras för utjämnande af kraftstationernas belastning, ställa sig förhållandena gifvetvis ännu gynnsammare.

Slutsatser.

Af beräkningarna i det föregående framgår, att utsikterna till ernående af ekonomiskt gynnsamt resultat med elektrisk drifkraft tyckas vara goda. Äfven om icke direkt vinst skulle erhållas med elektrisk drifkraft i jämförelse med det nuvarande driftsystemet med ånglokomotiv, vore den därigenom vunna fördelen att för drift af statsbanorna vara oberoende af stenkolsimporten och endast hänvisad till landets egna naturtillgångar mer än tillräckligt skäl för införandet af sådan drifkraft, sedan de tekniska svårigheterna blifvit öfvervunna och ett tillfredsställande, fullt driftsäkert och för våra förhållanden lämpadt system blifvit utarbetadt och vederbörligen afprovadt. Dessutom torde äfven andra fördelar af nationalekonomisk betydelse vinnas till följd af möjligheten att för billigt pris erhålla ström för industriens och landtbrukets behof samt för belysningsändamål m. m. från järnvägens stora kraftstationer. Äfven den ännu i sin linda befintliga torffabrikationen skulle troligen taga ett stort steg framåt. Både vattenfalls- och torffrågan, hvilka länge varit brännande i vårt land, skulle utan tvifvel komma närmare sin lösning till förmån för hela landet.

Införandet af elektrisk drifkraft måste gifvetvis tänkas gå till så, att i den mån nya lokomotiv erfordras, anskaffas elektriska sådana i stället för ånglokomotiv, hvarvid dessa elektriska lokomotiv användas uteslutande å vissa bandelar, som då måste förses med ledningar och kraftstation. Det för dessa ändamål erforderliga kapitalet förräntas och amorteras genom de besparingar i de rena driftkostnaderna, som vinnas genom den elektriska drifkraften. De å den elektriskt drifna sträckan ledigblifna ånglokomotiven placeras på andra linjer, hvarest behofvet af sådana gjort sig gällande. På så vis skulle införandet af elektrisk drifkraft ske successivt och utan någon slopning af användbart material.

En omständighet, som gör det viktigt att åtgärder snarast vidtagas, om elektrisk drifkraft efter en enhetlig plan skall kunna införas, är den, att af de kraftkällor, som äro för ändamålet bäst belägna, befinna sig ett stort antal i händerna på enskilda personer, och kommer troligen inom kort en del af dessa kraftkällor att användas för andra ändamål, hvarefter svårigheterna att erhålla desamma till antagligt pris blifva betydligt större. Till undvikande häraf och af prisens uppdrifvande genom spekulation synes det vara lämpligt, att staten tillförsäkrade sig äganderätten till erforderliga kraftkällor, medan ännu möjlighet finnes att välja mellan flere användbara sådana.

Jag tillåter mig därför vördsamt föreslå kungl. järnvägsstyrelsen att snarast låta utföra mera omfattande utredning af hithörande frågor och i samband därmed låta kompetent person på ort och ställe taga kännedom om de omtalade nya systemen för elektrisk järnvägsdrift och öfriga tekniska framsteg på hithörande områden, hvarefter åtgärder böra vidtagas för utförande af försök med elektrisk drift å någon kortare del af statsbanorna.

Vesterås i december 1902.

Rob. Dahlander.