

## Johdinautoliikenteen elvytyspyrkimykset ja Koejohdinautoprojekti

**Mikko Alameri - Raitio 4 1987**

### Johdinautoliikenteen elvytyspyrkimykset (Helsingissä):

Kaupunginvaltuutettu Paavolan ym. aloitteen (7.1.1970) katsotaan käynnistäneen johdinautoliikenteen selvitysprosessin. Liikennelaitoksen lautakunta oli aluksi sitä mieltä, että olisi tarkoituksenmukaisinta luopua johdinautojen käytöstä. Kaupunginvaltuusto sitä vastoin kehotti kaupunginhallitusta tutkituttamaan johdinautoliikenteen laajentamisen ja uusien autojen hankinnan. Lautakunta päätyi sittemmin vuonna 1972 esittämään, että linjan 14 liikennettä jatketaan ja johdinautoliikennettä laajennetaan silloisille linjoille 17, 18 ja 55. Autotarve olisi 70.

Saatujen tarjousten perusteella päätettiin kokeilla kaikkein halvimpia neuvostobusseja, jotka vuokrattiin Oy Koneisto Ab:ltä tammikuussa 1973 tehdyllä sopimuksella puoleksi vuodeksi. Autot saapuivat rautateitse Helsinkiin 28.2.1973. Ne olivat keväällä Oy Wiima AB:n tehtaassa, jossa niihin tehtiin katsastusviranomaisten vaatimat muutokset. ZIU-trollikoilla liikennöinti aloitettiin 8.5.1973. Autot olivat liikenteessä 7.11.1973 saakka. Ne palautettiin rautateitse 26.11.1973.

Seuraavan vuoden keväällä lautakunta päätti lopettaa johdinautoliikenteen vanhalla kalustolla seuraavana kesänä. 1940-luvulla aloitettu johdin autoliikenne päättyi 14.6.1974. Tähän mennessä oli tarjouskierroksia uusista autoista ollut puolen- kymmentä, mutta koska kaupunginhallitus ei ollut myöntänyt hankintoihin määrärahoja, ei asia niinmuodoin edistynyt. HKL sai 18.6.1974 oikeuden tilata kolme kotimaista prototyyppiäautoa, jos määräraha seuraavia 17:ää johdinautoa varten saadaan. Huhtikuussa 1975 lautakunta ilmoitti kaupunginhallitukselle, ettei johdinautohanketta päästy toteuttamaan, koska edellä mainittua määrärahaa ei ole myönnetty. Joulukuussa 1976 HKL lähetti jälleen johdinautojen kehittämistä ja toimituksia koskevan tiedustelun 14 johdinautoja ja niiden osia toimittavalle yritykselle. Seuraavan vuoden helmikuussa lautakunta päätti, että johdinautoliikenne aloitetaan viimeistään vuoden 1979 alussa ja liikenne laajennetaan seuraavan vuoden aikana. Hankinta- sopimus koejohdinautosta (SWS-trolley) allekirjoitettiin 16.12.1977. Auto luovutettiin HKL:lle 3. 4. 1979 ja tämän jälkeen aloitettiin koeajot. Kesäkuun puolivälissä SWS-trolley oli suuren huomion kohteena Kansainvälisen joukkoliikenneliiton UITP:n kongressin yhteydessä pidetyssä kalustonäyttelyssä Finlandia-talolla.

Auto rekisteröitiin 25.6.1979 ja asetettiin liikenteeseen linjalle 14 26.6.1979. Vuonna 1980 pyydettiin jälleen tarjouksia johdinautoista (hankintaerä 1-10 kpl). Vuonna 1983 päätettiin koejohdinauton kokeilukautta jatkaa vuoden 1985 kevääseen, jolloin tehdään päätökset tällaisen liikenteen tulevaisuudesta yleensäkin.

SWS-trolley oli viimeisen kerran linja-ajossa 22.2.1985. Vakuutuksesta se poistettiin 25.2.1985.

Tässä lehdessä toisaalla käsiteltävään COST 303 -projektiin liittyvät kokeet ajettiin Helsingissä 25. - 28.3.1985. Laitteet toimitti Milanon liikennelaitos ATM, joka myös valvoi koetta.

Syksyllä SWS-trolley ajoi Sompassaareen, josta se laivattiin roro-aluksella Antwerpeniin, Belgiaan. Antwerpenistä SWS-trolley ajoi edelleen omin voimin Gentiin sikäläisen liikennelaitoksen MIVG:n (= Maatschappij voor het Intercommunaal vervoer te Gent) lankojen alle. COST-projektin loppukokous pidettiin Brysselissä ja 7.11.1985 SWS esiintyi muiden tutkimukseen osallistuneiden johdinautojen kanssa alan tiedemiehille ja tutkijoille Gentissä. Paluumatka tehtiin samaa reittiä.

Kaupunginhallitus päätti lopettaa johdinautoliikenteen 9. 12. 1985. Johdinauto 1 poistettiin kalustorekisteristä 18.3.1987 ja sitä säilytetään nykyään Ruhassa. Ehkä vielä joskus tulee sellainen aika, joka on johdinautoille suotuisampi. Tai oikeastaan se aika on jo lähestymässä, merkkejä siitä on nähtävissä ympäri maailmaa. Osoittihan COST-projektin käynnistäminen sen. Se seikka, ettei Helsingissä nyt ole johdinautoliikennettä, ei suinkaan tarkoita johdinauton huonoutta. SWS-trolleyt voitaisiin huoletta ottaa Helsingissäkin laajaan käyttöön, jos poliittinen johto niin haluaisi. Tuskin valehtelemme paljoakaan, jos sanomme johdinautojen (kaksineuvoisten keskustassa langan alla ja loitompana akuilla tai dieselillä liikkuvien) vielä joskus Helsingin kulkevan.

Kiitämme HKL:n projekti-insinööriä Kari Liesahoa avusta, jota ilman edellä kerrotut johdinautoliikenteen elvytyspyrkimykset olisivat jääneet kirjoittamatta.

## Koejohdinautoprojekti

### Projektin tausta

Liikennelaitoksen lautakunta hyväksyi 15.11.1977 koejohdinauton kehittämishankkeen, jonka perusteella liikennelaitos tilasi 16.12.1977 kotimaisilta toimittajilta Oy Sisu-Auto Ab, Oy Wiima Ab ja Oy Strömberg Ab koejohdinauton. Johdinauto saatiin liikenteeseen keväällä 1979.

Koejohdinautohankkeen tavoitteena oli kehittää Helsingin olosuhteisiin soveltuva johdinauto, jotta liikennelaitoksella olisi tulevaa liikennepolitiikkaa varten tarvittavat perustiedot johdinautojen osalta.

### Auton rakenne

Alusta on perusrakenteeltaan kaupunkilinja-auton alusta, jonka taakse on sijoitettu varakäytön diesel moottori. Taka-akselisto on napavälitteinen sähkömoottorin korkean kierrosluvun (4300 r/min) vuoksi.

Korirakenne on normaali kaupunkilinja-auton kori lukuun ottamatta lämmitystä ja pääkäytön jäähdytysjärjestelmää sekä sähkölaitteiden vaatimia rakenteita.

### Sähkölaitteet

Sähkökäytön pääkomponentit ovat:

- Pääinverterti (taajuusmuuttaja), jolla ajojohtojen tasavirta muunnetaan ajomoottorin tarvitsemaksi vaihtovirraksi. Vaihtovirran taajuutta ja jännitettä muuttamalla säädetään moottorin kierroslukua. Pääinverterti on varustettu jarrutusenergian takaisinsyötöllä.
- Ajomoottori, joka on täysin suljettu oikosulku moottori.
- Apuinverterti, joka tuottaa 380 voltin vaihtovirran mm. kompressorin, ohjaustehostimen ja puhaltimien käyttömoottoreille.
- Varakäyttöyksikkö, joka muodostuu 50 kW:n dieselmoottorista ja 40 kW:n 3-vaihegeneraattorista.
- Virroitinlaitteet varustettuina automaattisilla atlasvetolaitteilla.

### Tekniset tiedot Ja suoritusarvot

Seuraavassa on esitetty koejohdinauton oleellisimpia numerotietoja siltä osin kuin ne poikkeavat dieselautoista.

	Johdinauto	Diesel
Omapaino	12,0 t	10,5 t
Etuakselipaino	6,3 t	5,6 t
Taka-akselipaino	11,4 t	10,4 t
Kokonaispaino	17,7 t	16,0 t
Moottorin max teho	200 kW	150 kW
Moottorin tuntiteho	132 kW	
Moottorin jatkuva teho	110 kW	
Max nopeus	60km/h	80 km/h
Max kiihtyvyys		
-tyhjänä/kok.pain.	2,2/1,5 m/s <sup>2</sup>	1,9/1,2 m/s <sup>2</sup>
Max hidastuvuus		
-sähköjarrulla	2,4/1,6 m/s <sup>2</sup> (Vmax - 0 km/h)	
-hidastimella		1,3/0,8 m/s <sup>2</sup> (Vmax - 0 km/h)
Ulkomelutaso	75 dB(A)**	85 dB(A)*
Sisämelutaso		
-edessä/takana	68/74 dB(A)**	72/82 dB(A)
Energian kulutus		0,5 l/km
-takaisinsyötöllä	1,7 kWh/km	
-ilman takaisinsyöttöä	2,3 kWh/km	

\* Erityisesti äänieristettynä 75 dB(A)

\*\*Dieselvarakäytöllä dieselautoa meluisampi

### **Käyttökokemukset**

Johdinautolla on tähän mennessä (4.6.1985) ajettu noin 80.000 km. Auton ajo-ominaisuudet ovat hyvät. Kiihdytys ja jarrutus tapahtuvat tasaisesti. Suoritusarvot vastaavat ja osittain ylittävät dieselauton suoritusarvot. Auton käyttö virroittimia lukuun ottamatta on kuljettajan kannalta dieselautoa vastaava.

Auton käyttö liikenteessä vaatii erivapauden, koska taka-akselipaino ylittää sallitun (10,0 t + 5 %). Oleellisin syy ylipainoon on dieselgeneraattori. Varavoimalaitteella varustettua 2-akselista johdinautoa ei ole käytännössä mahdollista rakentaa voimassa oleviin sallittuihin akselipainoihin.

### **Alusta ja kori**

Perusrakenteiden osalta käyttökokemukset eivät poikkea dieselautoista saaduista kokemuksista. Tehokkaan sähköjarrun ansiosta mekaanisten jarrujen käyttöikä on pitempi. Toistaiseksi ratkaisematon ongelma on taka-akseliston ääni, joka johtuu sähkömoottorin aiheuttamista värähtelyistä. Korirakenteissa edelleen kehittämistä vaativat auton lämmitys ja pääinverterin tuuletusjärjestelmä.

### **Sähkölaitteet**

Vaihtovirtakäyttö on auton suoritusarvojen ja ajo- ominaisuuksien kannalta osoittautunut hyväksi ratkaisuksi. Vaihtovirtamoottori on toiminut täysin moitteettomasti. Pääinverterissä sekä apuinverterissä on sen sijaan esiintynyt prototyypirakenteille ominaisia toimintahäiriöitä. Tästä syystä pääinverteri vaihdettiin elokuussa 1984 prosessiohjatuksi sarja- valmisteiseksi toimittajan (Strömberg) toimesta ja kustannuksella. Tämän jälkeen pääkäyttö on toiminut moitteettomasti.

Varavoimalaitteen (dieselgeneraattori) mitoitus on osoittautunut nykyiseen käyttöön sopivaksi ja sen toimintavarmuus tyydyttäväksi. Haittapuolena on ylimääräinen painonlisä sekä voimakas käyttöäänä.

Virroittimina autossa on kokeiltu kolmen eri valmistajan laitteita, vanhan mallisia amerikkalaisia (OHIO BRASS), automaattisia saksalaisia (DORNIER) ja uudempia ranskalaisia (DELACHAUX). Tyydyttävimmän ovat toimineet uudet ranskalaiset. Virroittimien irtoamisia on tapahtunut silti viikoittain, mikä johtuu vanhoista ajojohtorakenteista.

Kaksi kolmasosaa linjan ajojohtojen kannatinrakenteista sekä ajojohtoristeyksistä on jo yli 25 vuotta vanhoja. Rakenteiden teräsosat ovat vaarallisesti ruostuneet. Vastaava osa ajojohtimesta on kulunut sallittua ohuemmaksi. Johdinautoverkoston syöttöasemat ovat edelleen käyttökelpoiset ja niillä voidaan kokeilun päätyttyä tehostaa ko. alueen raitiovaunuverkoston sähkön saantia.

Vanhat ajojohtimet ovat virroittimien irtoamisen lisäksi hidastaneet johdinautolla ajoa. Lukuisten risteysten ja jyrkkien kaarteiden vuoksi johdinauton keskinopeus linjalla on dieselautoja pienempi. Liikennöinti yhdellä autolla ei pidä ajojohtoa riittävän puhtaana, jolloin virroitinhielet kuluu loppuun sääolosuhteista riippuen 20–200 ajokulometrin jälkeen, kun hiilillä normaalisti hyvissä olosuhteissa voidaan ajaa noin 2000 kilometriä.

Ajojohtojen huurtumisen estämiseksi on ne pahimpina talviaamuina jouduttu tätä varten varustetulla autolla (HKL 8310) puhdistamaan.

Monet katu- ja kunnallistekniset työt ovat olleet lisähaittana johdinautoliikenteelle ja aiheuttaneet seisontapäiviä.

### **Koejohdinauto COST 303 -projektin osana**

(COST = European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research)

COST-toiminta on Länsi-Euroopan maiden hallitusten välistä teknillis-taloudellista yhteistyötä. Toiminta käynnistyi Euroopan yhteisön (EY) toimesta vuonna 1969. Mukana on 19 maata ja EC komissio.

Tavoitteena on teknis-taloudellisen yhteistyön edistäminen ja koordinointi, erityisesti

-julkisten palvelujen kehittämiseksi (telepalvelut, liikenne, meteorologia, jne.) ja

-laajapohjaisen teollisen tutkimusyhteistyön lisäämiseksi (raaka-aineet, metallurgia, elintarviketeknologia jne.)

Liikennealalta on käynnissä tai käynnistymässä yhdeksän projektia, joihin kaikkiin Suomi osallistuu.

COST 303 -projektissa selvitetään eri maiden tutkimusten ja kokemusten perusteella kaksikäyttöisen johdinauton tekniset ja taloudelliset edellytykset ja mahdollisuudet kaupunkiliikenteessä.

Kaksikäyttöisellä johdinautolla tarkoitetaan ajoneuvoa, joka normaalin johdinautokäytön lisäksi on varustettu erillisellä voimanlähteellä, esimerkiksi dieselmoottorilla tai akuilla. Ajoneuvolla voidaan näin liikennöidä myös ajojohtoverkoston ulkopuolella.

COST 303 -projektissa on mukana kahdeksan maata: Ranska, Saksan liittotasavalta, Belgia, Sveitsi, Tanska, Englanti, Italia ja Suomi. Vertailussa ovat mukana seuraavat ajoneuvot:

Valmistajat	Tyyppi.
Van Hool/ACEC	AG 280T
Daimler-Benz/Bosch/Dornier/Varta	0 305 8
Daimler-Benz/AEG	0 305 GTD
MAN/Siemens	SG 240 H
SisuiWiima/Strömberg	SWS
Renault/Traction CEM Oerlikon/ Alsthom Atlantique	ER100H/ ER100R
Renault/TREGIE/Traction CEM Oerlikon/ SAFT	ER180H
Renault/Traction CEM Oerlikon/ Alsthom Atlantique	PER 1 80H
Mauri/Marelli	Mauri
FIAT/IVECQ/Marel	FIAT CNR- Iveco 471 BM

Johdinautojen testaukset kuuluvat osana tutkimukseen. Tutkimuskalusto ja -miehistö ovat Milanosta Italiasta (ATM = Azienda Transporti Municipali), ja ne ovat olleet samat kaikkien ajoneuvojen tapauksessa yhtenäisten ja vertailukelpoisten tulosten saamiseksi.

Testaus suoritetaan siten, että johdinautolla ajetaan tiettyä reittiä. Ajon aikana tietokoneella ohjattu mittauslaitteisto mittaa johdinauton suorituskykyä, melua, energiankulutusta ja muita auton ominaisuuksia kuvaavia asioita. Mittauslaitteistoa käyttävät Milanon liikennelaitoksen miehet. HKL:n ja Strömbergin edustajat valvovat auton käyttäytymistä. "Matkustajina" autossa koeajon aikana ovat kokeiden virallinen valvoja Tanskasta sekä muiden osallistuvien maiden edustajia. COST 303 -projektin loppuraportissa esitetään yhteenveto kaikista suoritetuista testeistä, mikä tarjoaa puolueettoman vertailun eri maissa käytettyjen johdinautojen välillä.

Testiajot tapahtuivat seuraavasti:

1. johdinautotestit Topeliuksenkadulla välillä

Töölöntori-Linnankoskenkatu 26. 3. 1985 klo 9-15

2. dieselajotestit Pirkkolantiellä (Pohjois-Haaga - Maunula) 27. 3. 1985 klo 9-12 ja 13.30-18

COST 303 -projekti ja erityisesti testausajot ovat samalla ajoneuvojen esittelyjä, demonstraatioita. Ne palvelevat johdinautojen valmistajia markkinointimielessä. Demonstraatioita seuraavat useat eurooppalaisten liikennelaitosten ja tutkimuslaitosten edustajat, jotka edustavat varsin mittavaa potentiaalista markkinavoimaa johdinautoille yleensä ja samalla kaksikäyttöisille johdinautoille.

Suomalaisen johdinauton sähköistäjä, Kymi Strömberg Oy, haluaa johdinauton demonstraatiolla osoittaa julkisesti itse kehittämänsä vaihtovirta ajomoottorikäytön käyttökelpoisuuden ja edut nimenomaan bussikäytössä. Tämä tekniikka on busseihin sovellettuna ainutlaatuista maailmassa. Strömberg on toimittanut samanlaisia laitteita sveitsiläisiin johdinautoihin sekä Helsingin bussin lisäksi myös unkarilaisiin ja neuvostoliittolaisiin prototyyppi johdinautoihin. Myös USA:ssa on kokeiltu johdinautoissa Strömbergin vaihtovirtakäyttöä. Samanlaisia laitteita käytetään mm. Helsingin metrovaunuissa ja Rotterdamin uusissa nivelraitoaunuissa. Muutamit muut valmistajat käyttävät myös samaa tekniikkaa metrovaunuihin, raitiovaunuihin ja sähkövetureihin sovellettuna, mutta toistaiseksi Strömberg on ainoana maailmassa tehnyt myös johdinautoversion.

## Yhteenveto

Vuoden 1979 selvityksessä ennustettiin, että johdinautot tulevat yleistymään 1980-luvun loppupuolella sillä perusteella, että johdinautot suurina sanoma valmistettuna tulevat hinnaltaan kilpailukykyisiksi dieselautoihin verrattuna. Näin ei ainakaan toistaiseksi ole tapahtunut, sillä johdinautojen hintasuhte on säilynyt käytännöllisesti katsoen samana. Toinen peruste oli, että dieselöljyn hinta tulisi kohoamaan energiatilanteen muuttuessa sähkön hintaa huomattavasti voimakkaammin. Tämä pitääkin osittain paikkansa, sillä dieselöljyn hinta on kuudessa vuodessa noussut 2,2 kertaiseksi, kun sähkön hinta on noussut 1,6 kertaiseksi. Energiakustannusten osuus vuotuisista käyttökustannuksista on johdinautolla noin 5 % ja dieselautolla noin 10 %. Tämä merkitsee sitä, että dieselöljyn hinnan olisi pitänyt nousta 3,6 kertaiseksi, jotta dieselauton ja johdinauton käyttökustannukset (1985) olisivat yhtä suuret.

Kustannusvertailun mukaan luoteisen esikaupunkilinjaston johdinautoverkosto vaatii 71–76 miljoonaa markkaa suuremmat investoinnit kuin normaali dieselkaluston uusiminen. Vuosittaiset käyttökustannukset johdinautolla ovat n. 3,1 milj. markkaa eli 10,3 % suuremmat kuin dieselautolla ja vastaavasti niveljohdinautolla noin 3,1 miljoonaa markkaa eli 9,5 % suuremmat kuin niveldieselautolla. Nykyisin laskentaperustein kustannuseroiksi tulee 10,5 % ja 10,4 %. Vuonna 1979 vastaavat kustannuserot olivat 18,8 ja 12,4 %.

Käyttökustannusten ero on jonkin verran kaventunut. Jos oletetaan kehityksen jatkuvan tästä eteenpäin samanlaisena, tullevat johdinautot käyttökustannusten osalta kilpailukykyisiksi vuoden 2000 tienoilla. Investointikustannusten osalta ei kuudessa vuodessa ole tapahtunut muutoksia. Kustannukset vuonna 1979 olivat johdinautovaihtoehdossa 2,0- 2,5 -kertaiset, kun ne 1985 ovat 2,4–2,5 -kertaiset verrattuna dieselvaihtoehtoon.

Koska johdinautot eivät ole yleistyneet oletetulla tavalla, eivät ajojohtorakenteetkaan ole sanottavammin kehittyneet. Nykyään markkinoilla olevat rakenteet perustuvat edelleenkin 1940- ja 1950- luvuilla kehitettyyn tekniikkaan. Tämä merkitsee sitä, ettei johdinauto pysty kilpailemaan dieselauton ajonopeuden kanssa, sillä ajojohtoristeykset, vaihteet ja kaarteet hidastavat johdinauton kulkua. Tämän lisäksi ajojohdot ovat alttiina ulkopuolisille mm. korkeiden kuljetusten aiheuttamille häiriöille. Häiriötön johdinautoliikenne vaatii myös tasaiset kadut. Helsingin kadut eivät nykyään ole johdinautojen edellyttämässä kunnossa.

Vuoden 1979 selvityksessä tutkituista johdinauto linjastovaihtoehdoista luoteinen esikaupunkilinjasto osoittautui myös liikennöinnin kannalta edullisimmaksi pääosin sen vuoksi, että ajojohtorakenteet tällä alueella voidaan rakentaa liikenteellisesti mahdollisimman vähin em. haitoin. Keskustan tiheä raitiovaunuverkosto aiheuttaa teknisiä ja liikenteellisiä vaikeuksia toteuttaa johdinautoliikenne tällä alueella.

Nykyinen linjan 14 ajojohto on "loppuun ajettu", mutta se on tilapäisjärjestelyin pidetty kokeilun edellyttämässä kunnossa. Mikäli kokeilua edelleen jatketaan, on ajojohtorakenteet uusittava. Uusiminen tulisi maksamaan 1.350.000 markkaa. Kokeilusta ja koejohdinautosta on jo teknisesti saatu riittävästi tietoa, joten kokeilun jatkaminen ja johdinautolinjan ylläpitäminen ei enää ole perusteltua.

Kokeilun tuloksena voidaan todeta, että mikäli tulevaisuudessa johdinautot tulevat suurten valmistussarjojen ansiosta ja energian hintasuhteen muuttuessa todella kilpailukykyisiksi dieselautojen kanssa, liikennelaitoksella on valmius määritellä tulevan johdinauton ja johdinautolinjaston tekniset ja liikenteelliset vaatimukset. Liikennelaitoksen tulee seurata kansainvälistä kehitystä sekä laatia uusi selvitys, kun asiaan vaikuttavat tekijät oleellisesti muuttuvat. Koejohdinauto tulisi säilyttää tulevia tarpeita varten.

Aikaisemman selvityksen jälkeen tilanne ei ole taloudellisesti, teknisesti, sen enempää kuin liikenteellisesti tai ympäristöllisestikään siinä määrin muuttunut, että olisi perusteltua jatkaa tai laajentaa johdinautoliikennettä.