

## Gotthardin reitti on tuttu Satojen vuosien takaa

■ Gotthardin reitti Sveitsin Alppien yli pohjoisesta etelään on ollut merkittävä kulkuväylä jo ajanlaskun alkuvuosisatoina niin pohjoiseen sotaretkille vaeltaville roomalaisille kuin kostoretkille etelään suuntaaville kelteillekin. Ensimmäiset tiet eivät olleet sen kummempia kuin mutkittelevia, muulien tallomia kinttupolkuja. Matkaa tehtiin vaikeissa sääolosuhteissa ja jyrkillä vuoren rinteillä. Rotkot, pakkanen ja lumi verottivat uskaliaitten vaeltajien joukkoa.

Jo 1200 luvulla Gotthardin reitti sai riippusiltansa yli Schöllenen syvän rotkon ja kulku helpottui. Reitin aukeamisella etelän sivistykseen ja valloittajien sotajoukoille uskotoaankin olevan suuri merkitys jopa Sveitsin perustamiseen.

Seuraava askel väylän parantamiseen oli useitten siltojen rakentaminen 1800 luvun alkupuolella, mikä helpotti vankkureitten ja samalla kaikenlaisen kauppatavaran liikkumista. Jo 1800-luvun jälkipuoliskolla sekä 1900-luvun alussa rautatieyhteyksin rakennettiin yhdistämään Sveitsiä Italiaan. Mutkitteleva rata nousi vielä tuolloin korkealle rinteisiin.

Nyt Alppien alle ollaan puhkaisemassa Sveitsissä reittiä, joka vie korkealle kohoavien huippujen alta junat huppunopeudella lähes 60 kilometrin mittaiseen, kaksireikäiseen tunneliin. Arviolta vuonna 2015 avattava, Erstfeldin ja Bodion kylät yhdistävä tunneli tulee valmistuttuaan olemaan maailman pisin yhtäjaksoinen maanalainen käytävä. Urakkana se on kenties vaativin louhinta-/poraus työ, mitä maailmassa on koskaan tehty. Syvällä kulkevan tunnelin ilmanvaihto, jäähdytys, kosteus, ulkopuolelta valuvan veden poisjohtaminen sekä tunnelityöläisten turvallisuuden takaaminen jo sinällään ovat vaativia teknisiä haasteita.

Pahimmillaan louhittavan kiven lämpötila on jopa 45 astetta. Tällöin kiveä mutustavien koneitten ja tunnelissa työtään tekevien ihmisten päällä seisoo jopa 2000 metriä Alppien huippuja. Samoin lämpötila valmiissa liikennetunnelissa pyrkii kohoamaan entisestään siellä liikkuvien junien takia. Lämmönpoisto ja ilman saanti syvälle maan sisälle on vaativa tehtävä.

Louhintatyöhön oman vaikeutensa luovat lämmön lisäksi myös äkkiä muuttuvat olosuhteet, mihin kuuluu mm. kiven laadun äkkinäinen muuttuminen. Erilaisiin tuentajärjestelmiin on myös jouduttu paneutumaan erityisen huolellisesti. Niin ikään louhintamenetelmän valinta eri osuuksille on ollut haastavaa. Eikä aivan pieni haaste myöskään ole tunnelin avaauttua junaliikenteen ja ihmisten turvallisuuden takaaminen syvällä tunnelissa, olkoonkin että junalla matkustaminen on laskelmien mukaan 100 kertaa turvallisempaa kuin autolla ajaminen..

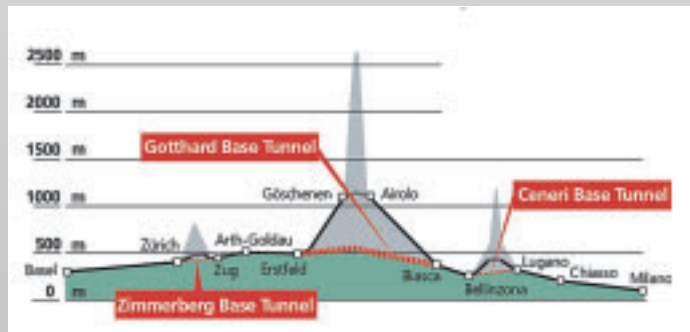
Rakennuttaja on sveitsiläinen AlpTransit Gotthard Ltd ja pääsuunnittelijana ja urakoitsijana toimii niin ikään sveitsiläinen Amberg Engineering. Viiteen osuuteen jaetun urakan kimpussa työskenteli elokuun lopussa 1800 ihmistä 12 eri maasta. ■

### Maailman pisimpiä tunneleita ja niiden valmistumisvuosi tai arvioitu valmistumisaika

1. Sveitsi, Gotthard Base	57 072 m	2015
2. Japani, Sei-kan	53 850 m	1988
3. Englanti-Ranska, Eurotunneli	50 450 m	1994
4. Sveitsi, Lötschberg	34 577 m	2007
5. Espanja, Guadarrama	28 377 m	2007



Gotthard Base Tunnel tulee valmistuttuaan olemaan maailman pisin tunneli. Junaliikenteelle kaksiosainen, 57 kilometriä pitkä tunneli avattaneen vuonna 2015. Urakka on jaettu viiteen eri osaan, joista pisimmät Faido ja Bodio sijaitsevat eteläpäässä. Vaikein ja ruhjeisin osa sijoittuu keskelle eli 6,8 kilometriä pitkään Sedruniin. Pääasiassa tunnelit louhitaan käyttämällä TBM- tunnelinporauslaitteita. Ruhjeinen ja vaikea Sedrunin osuus puhkaistaan perinteisesti räjäyttämällä.



Gotthardin tunneli yhdessä Zimmerbergin (20 km) ja Cenerin (15 km) tunneleitten kanssa tulee muodostamaan tärkeän linkin pohjoisen ja etelän välillä. Junamatka Zürichistä Milanoon kestää tunnelin valmistuttua vain kaksi tuntia 40 minuuttia kun nykyään matkaan tuhraantuu tunti enemmän.

## Maailman pisin tunneli

# Etenee Alppien uumenissa

■ Euroopan rahtiliikenteen määrä maanteitse on lähivuosikymmeninä kasvanut, kun samalla rautateitse liikuttettavan tavarantoiminnan määrä on radikaalisti vähentynyt. Sveitsi on tässä suhteessa poikkeus. Se rajoitti pitkään rekkajen painon 28 tonniin, mikä piti rautateitse tapahtuvat kuljetukset korkealla tasolla. EU:n myötä Sveitsinkin oli lopulta kuitenkin pakko nostaa raja 40 ton-

niin, mikä on lisännyt Sveitsin ja etenkin Alppien yli suuntautuvaa rekkarallia nopeasti. EU:n ennustuksen mukaan vuosien 1992-2010 välillä Alppien yli suuntautuva rekaliikenne nouseekin jopa 75 prosenttia. Tutkimusten mukaan Alppien yli suuntautuva autoliikenne tuplaantuu aina kahdeksassa vuodessa.

Tämä on aiheuttanut kestä-

tömän tilanteen kaikissa Alppimaissa. Tunneleitten ja vuoristeitten rekkamäärä on jo kohonnut vaaralliselle tasolle ja pahoilta onnettomuusiltakaan ei ole välttytty. Tuoreessa muistissa on kahden rekan törmäyksestä aiheutunut tulipalo tunnelissa ja 11 ihmisen menehtyminen Airolossa Sveitsissä vuonna 2001.

Kaikki Alppimaat yrittävätkin

rajoittaa rekaliikennettä vuoristosä ja turvallisuussyistä että ympäristönäkökohdista ja merkittävä osuus tässä on rautatieliikenteen tehostamisella. Rakenteilla on useita nopeita rautatieyhteyksiä Alppien läpi. Ranskassa Maurienne-Ambin tunneli, Itävallassa Brennerin tunneli ja suurimpana ja kauneimpana Gotthardin tunneli Sveitsissä. Suurin ja helpoin reitti kahden pisteen

Gotthard Sveitsissä on ehkä vaativin ihmisen koskaan aloittama tunneliurakka. Koko projektia on suunniteltu vuosikymmenet ja itse rakentamisenkin kestää parikymmentä vuotta. Rakentamisessa on otettava huomioon niin ympäristö- kuin teknisetkin rajoitteet. Faidon osuuden kulkutunnelin työmaa- ja tehdasalue hallitsee maisemaa. Siihen kuuluu myös porauslaitteiden irrottaman kiviaineksen välivarastointi ja jatkokuljetus suljetuilla hihnakuljettimilla.

kautta on edelleenkin suora viiva ja tähän uusilla tunneleilla pyritään.

Gotthardin 57 kilometrin mittainen, valmistuttuaan maailman pisin tunneli yhdessä lyhyempien Zimmerbergin (20 km) ja Ceneri (15 km) tunneleitten kanssa muodostamaan tärkeän linkin pohjoisen ja etelän välillä.

Nykyinen olemassa oleva rata kiipeää korkeimmillaan 1150 metrin korkeudelle maanpinnasta. Keskimäärin Bernin kaupungin tasossa eli 500 metrin korkeudella merenpinnasta kulkeva uusi tunneli on hurjimmillaan lähes 3000 metrin korkuisten vuorenhuippujen alla. Syvimmästä kohdasta matkaa maanpintaan on noin 2,5 kilometriä. Koskaan aikaisemmin ei ihmisen ole puhkaissut tunnelia näin syvälle maankuoreen, joten kyseessä on ennennäkemättömän haasteellinen työ, niin turvallisuuden kuin teknologiankin näkökannalta. Valmiin tunnelin kautta junat pääsevät kulkemaan vuonna 2015 ja tuolloin junamatka Zürichistä Milanoon kestää vain kaksi tuntia 40 minuuttia kun nykyään matkaan tuhraantuu tasan tunti enemmän. Näin nopea yhteys kilpailee tssissaan jo lentoliikenteenkin kanssa.

Nykyinen alppirata jyrkkine nousuineen ja tiukka kourveineen ei salli rahtijunille kuin 80 kilometrin nopeuden. Mutta 10 vuoden kuluttua on toisin. Rahtijunat uudessa tunnelissa tulevatkin kiittämään 160 kilometriä tunnissa. Myös sallittu paino kasvaa puolella, 2000 tonnista 4000:een. Junamäärä kasvaa myös nykyisestä 150:stä 200:aan päivässä. Junat ovat myös entistä pitempiä, koska rata on suora. Liikemiehet salkkuineen ja kalliilla tulostimella tulostettuine sopimuspapereineen eivät ehdi enää aamutorkuille työmatkallaan Sveitsistä Italiaan. Henkilöjunille luvataan jopa 250 kilometrin tuntinopeus, mikä tietää parhaimmillaan alle 15 minuutin läpiaikaa Gotthardin tunnelille. Kymmenen vuoden kuluttua tunnelissa matkustava tuskin tulee ajatelleeksi että vartin pituisen oikotien teko kesti konk-



reettisesti lähes 20 vuotta ja suunnitelmasta toimeenkin tarttuminen puoli vuosisataa. Idea tunnelista kun tuotiin julkisuuteen jo vuonna 1947.

### Turvallisuuden paneuduttu

Tunnelin rakentamiseksi esiteltiin vuosien varrella useita vaihtoehtoja, mutta 90-luvun puolivälissä varteenotettavimmaksi nousi ratkaisu, jossa kaksi rataa kulkee omilla yhdeksän metrin halkaisijan omaavissa tunneleissaan. Rakennuttaja Alp-Transit Gotthard Ltd hyväksyi ratkaisun, jossa tunnelien etäisyys toisistaan on noin 40 metriä. Erilisiä huoltotunnelia ei ole, vaan aina 180 metrin välein on poikittainen, radat yhdistävä tunneli. Ne toimivat sekä huolto- että evakuoitireitteinä tarvittaessa. Edelleen 57 kilometrin rataosuudelle mahtuu kaksi ratojen risteämisen mah-

dollistavaa asemaa. Näitä tarvitaan paitsi mahdollisessa onnettomuustilanteessa myös huoltotöiden aikana.

Risteyskohtiin on suunniteltu myös asemat, joitten kautta ihmiset pystytään evakuoimaan hätätilanteessa. Onnettomuuden sattuessa toisessa tunnelissa, ei rinnakkais-tunneliin siirtyvien ihmisten tarvitse ylittää raiteita, mennä hissiin tai kivuta portaita. Yhdistävien tunneleitten kautta siirrytään evakuoitijunaan. Mahdollinen savu imetään huippuimureilla ulos ja raitista ilmaa puhalletaan samalla onnettomuustunneliin. Tunnelin lievä ylipaine pitää huolen siitä, että savu ei siirry yhdys- tai rinnakkaistunneliin.

Louhinta ja porausurakkana Gotthardin tunneli on ennennäkemättömän suuri. Jotta tunneli saataisiin valmiiksi edes jotenkin siedettävässä ajassa, on se jaettu viiteen

osaurakkaan. Pisin niistä, Bodio on mitaltaan 16,6 ja lyhin Sedrun 6,8 kilometriä. Sedrun, sisältää geologisesti vaikeimmat kivilaadut louhintaan ja poraukseen.

Sedrun onkin monella tapaa koko tunnelin mielenkiintoisin osa. Se sijaitsee syvimmässä kohdassa ja yhdystunnelilla maanpintaan on pituutta yksi kilometri. Sedrun on yhteydessä pintaan myös lyhyen, noin 1000 metriä pitkän vertikaalisen tunnelin kautta. Veden ja louhintajätteen poiskuljetus tapahtuu näitä tunneleita myöten.

Tunnelin linjauksessa on ollut mukana monia eri alojen asiantuntijoita niin geologeja kuin ympäristöviranomaisiakin. Vaikka tunneli kulkee syvällä maan alla, on lukuisia maanpäällisiä asioita otettava huomioon. Kylien sijainti, pohjavesi, rakentamisen aikainen liikenne, sivutunnelien ulostulot ja niille vievät tiet yms. ovat aiheuttaneet runsaasti työtä. Erittäin haastavaksi asian tekee Alppien vaikeakulkuisen maasto.

Samoin mittavat poraukset ja maaperätutkimukset tunnelisyvyyteen linjauksivaiheessa yhdessä maanpäällisten tekijöitten kanssa ovat vaikuttaneet tunnelin sijaintiin. Porauksen suuntiminen käy nykyaikana satelliittipaikannuksen avulla.

### Puolet valmiina

Varsinaisten tunnelien louhinta alkoi vuonna 1996. Tällöin aloitettiin kahden noin kilometrin mittaisen pystyreian tekeminen vaikeimmalla Sedrunin osuudella. Varsinaisesti mittaviin porauksiin ja varsinaiseen tunnelin louhintaan on päästy vuosituhanen taiteessa. Elokuun lopussa 2005 koko urakas-



Sedrunin osuus on ruuhkeinen ja TBM-laitteita ei voi käyttää. Näin on turvauduttava perinteisempään systeemiin. Tamrockin porausjumbo poraa syvällä Alppien alla.



Suuret TBM (TBM=Tunnel Boring Machine) porauslaitteet vaativat nekin huoltoa. Gotthardin työmaalla näitä saksalaisvalmisteisia laitteita työskentelee neljä. Amstegin osuudella poraa kaksi, jotka ovat nimeltään Gabi 1 ja Gabi 2. Koko TBM porausketjun pituus perätrailerineen on yli 400 metriä. Porausläpimitta on suurimmillaan 9,3 metriä ja jokainen yksikkö painaa 3050 tonnia. Porausnopeus vaihtelee pääasiassa 10-20 metrin päivävuhdissa.

ta louhittuna tai porattuna oli kuitenkin jo 50 prosenttia. Kun koko yhden rautatietunnelin pituus eli junan kulkema matka yhteen suuntaan on tuo 57 kilometriä, on louhittavaa paljon enemmän eli kaikkineen 153,5 kilometriä.

Tunnelien ”puhkaisemiseen” urakassa käytetään sekä massiivisia TBM-porauslaitteita (TBM=Tunnel Boring Machines) että perinteistä poraus/räjätysmenetelmää. Menetelmän valinta riippuu monista eri tekijöistä kuten tunnelin pituudesta, kiven ruheisuudesta yms. Parhaimmillaan TBM-laitteilla päästään kymmenien metrien päiväsaavutuksiin, mutta usein jäädyään alle kymmenenkin metriin päivässä. Lyhin Sedrunin osuus tehdään kokonaan perinteisellä menetelmällä kiven suuren ruheisuuden takia.

Gotthardin tunnelissa työskentelee tällä hetkellä neljä saksalaisen Herrenknechtin toimittamaa TBM:ää. Varsin massiivisista koneista onkin kysymys ja valmistaja kertookin niitten olevan maailman suurimmat. Koko TBM ketjun pituus perätrailerineen on yli 400 metriä. Porausläpimitta on suurimmillaan 9,3 metriä ja jokainen yksikkö painaa 3050 tonnia.

Esimerkiksi pohjoisen Amstegin osuutta poraava TBM kuljetettiin paikan päälle 90000 eri osassa. Suurin ja painavin osa eli porauspää painaa 117 tonnia ja se rahdattiin työmaalle proomulla, sillä moottoritien A2 joillekin osille se oli liian painava.

Keskimääräiseksi TBM:n päiväsaavutukseksi eteläisimmällä Botion osuudella on tähän mennessä saatu noin 15 metriä valmista tunnelireikää. Investointikustannukset ovat TBM-porauslaitteilla paljon perinteistä keijua suuremmat. Samoin ennakkovalmistetun ja asen-



nustyö vievät massiivisilla TBM-laitteilla aikaa. Ihanteellisissa olosuhteissa menetelmä on kuitenkin varsin nopea. TBM-laitteet eivät myöskään aiheuta ympäröivälle kivelle juurikaan vahinkoa, mutta toisaalta kohtaavat vaikeuksia ruheeseen tai todella kovaan kiviainekseen osuessaan. Joustavuus suoraan kulkevalla, valtavalta TBM-porauslaitteella on niin ikään heikko esimerkiksi risteävien käytävien poraukseen nähden. Tästä syystä ennakkotutkimukset ja laskelmat ovat olleet avainasemassa valittaessa louhinta/porausmenetelmää eri osuksille. Ennakkolaskelmiin on merkitty 50 kilometriä tunneleista tehtävän TBM-laitteilla ja loput seitsemän kilometriä perinteisesti räjäyttämällä.

### Pyramideittain kiveä

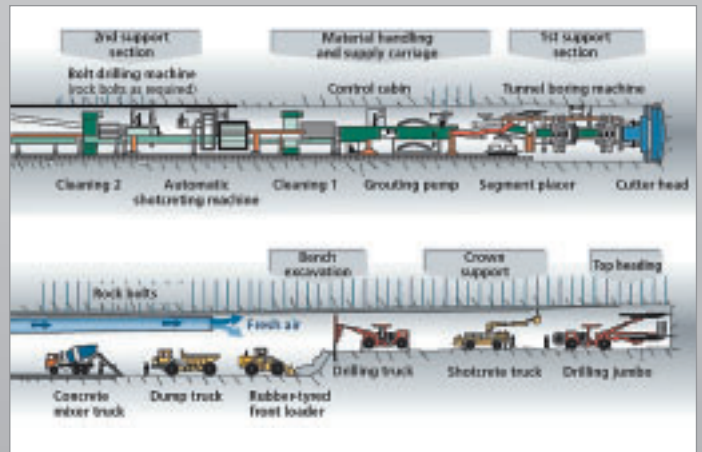
Maaailman pisimmästä tunnelista tulee tietenkin maailman suurin määrä kiveä ja kiviainesta. Gotthardin tunnelista saatava kuutiomäärä on 13,3 miljoonaa kuutiometriä, millä rakentaisi viisi Kheopsin kokoista pyramidia. Painoa tällä kivimäärällä on 24 mil-

Vaikea Sedrunin osuus tietää urakoitsijoille myös runsaasti tunnelia vahvistavaa pulttausta ja ruiskubetonointia. Kiven lämpötila nousee syvällä Alppien alla pahimmillaan 45 asteeseen, joten ilmanvaihto ja jäähditys tunnelissa on oltava tehokasta. Vettä voi tunneliin yhtäkkiä syöksyä jopa 1000 litraa sekunnissa, mutta tähänkin on varauduttu. Pumppuasemat seuraavat tunnelin edistymistä ja Sedrunin osuudella vesi pumpataan vertikaalisesti ylöspäin lähes kilometrin matka.

joonaa tonnia. Vertailun vuoksi mainittakoon, että Suomen pisintä eli Vuosaaren uudesta satamasta vievää Savion tunnelia louhitetaan parhaillaan. Tästä 13,5 kilometrin tunnelista kuutiota kertyy 400.000.

Valtava kivimäärä ja sen pois-kuljettaminen ja kierättäminen on sekin vaatinut Alppimaassa varsin mittavan suunnittelun. TBM-laitteet tuottavat varsin hienojakoista kiviainesta ja tähän päiviin saakka sitä ei ole pystytty hyödyntämään

esimerkiksi betonin valmistuksessa. Vuonna 1993 Sveitsissä käynnistetyt projektin seurauksena on kuitenkin kehitetty valmistusmenetelmä, jossa TBM:n jäljesta saatua hienojakoista kiveä käytetään korkealaatuisen betonin valmistukseen. Tällä betonilla ruiskutetaan sitten esimerkiksi valmistuvan tunnelin seinät. Edelleen louhittua kiveä myydään eri tuotantolaitosten raaka-aineksi ja käytetään eri rakennusprojektien täyttöihin. Massiivisilla hihnakuuljettimilla kiveä kulkee suoraan useisiin paikallisesti perustettuihin betoninvalmistus yms. ja -lostulaitoksiin. □



50 kilometriä Gotthardin tunnelista porataan TBM-laitteilla (yläkuva) ja seitsemän kilometriä perinteisesti räjäyttämällä ja louhe pois kuljettamalla. TBM porauksen etuna on nopeus, mutta haittana korkeat investoinnit ja mittavat alkuvaikeudet. Pitkillä, ehjää kiveä sisältävillä osuksilla kuitenkin kannattava. Gotthardin tunnelissa kaksi TBM:ää lähestyy Sedrunin osuutta etelästä ja kaksi muuta pohjoisesta. Näin yhtäjaksoisesti porattavaa tunnelia eteläpäässä on 31 ja pohjoisessa 18,8 kilometriä.