

JARÐGÖNG Í ÞÝSKALANDI OG SVISS

Skoðuð í maí 1975

eftir

Hauk Tómasson jarðfræðing

JARÐGÖNG Í ÞÝSKALANDI OG SVISS

Skoðuð í maí 1975

eftir

Hauk Tómasson jarðfræðing

Formáli.

Þann 27. apríl 1975 fór undirritaður til München að sitja fyrsta ársfund Alþjóðajarðgangafélagsins. Í sambandi við þann fund voru skoðuð tvö jarðgöng, það er í München og í Nürnberg. Að fundinum loknum fór ég til Sviss og var þar þrjá daga í jarðgangakynnsiferð, sem skipulögð var af Electrowatt Engineering Services í Zürich. Fylgdarmaður minn á þeim ferðum var Cher, sem er yfirmaður verkfræðipjónustu Electrowatts vegna Sigöldu. Hvarvetna þar sem ég fór var mér tekið af mikilli gestrisni og vinsemd. Kann ég þeim aðiljum hinar bestu þakkir fyrir.

Skýrsla þessi er samin á "diktafón" að kvöldi hvers dags ferðarinnar en tölur skrifaðar hjá mér jafn óðum og mér voru sagðar þær. Skýrslan ber sjálfsagt mjög merki þessa samningsmáta í orðafari og stíl en efnislega hygg ég hún skili þeim atriðum, sem til fróðleiks geta orðið öðrum og ég sá og heyrði á þessum ferðum.

Reykjavík 9. júní 1975

Haukur Tómasson

Skoðuð jarðgöng í Þýskalandi og Sviss

E f n i:

1. Fundur Alþjóða jarðgangafélagsins
2. Skoðun á neðanjarðarbrautinni í München
3. Heimsókn í jarðgögn í Nürnberg
4. Skýrsla um Sellesberg jarðgöngin
5. St. Gotthard-jarðgöngin
6. Abulajarðgöngin.

1. Fundur Alþjóðajarðgangafélagsins í München dagana 28.-30. apríl 1975.

Á fundinum var í fyrsta lagi rætt um þátttöku í félagsskapnum en nú eru 20 þjóðir orðnar þátttakendur og 9 aðrar þjóðir eru að athuga um félagsskap. Samþykkt var að þessar nýju þjóðir fengu kost á að verða aukameðlimir í tvö ár í hæsta lagi og borga á þeim tíma 40% af félagsgjaldi.

Í öðru lagi var kosin stjórn. Endurkosnir þeir, sem fyrir voru í stjórninni en þeir voru Muir Wood frá Englandi, Luke frá Bandaríkjunum og Fisher frá Svíþjóð og bætt var við tveim varaforsetum í viðbót annar H. Thul frá Þýskalandi og I. Kitamura frá Japan. Ákveðið var að halda áfram aðalritarastarfinu óbreyttu frá því sem verið hefur.

Í þriðja lagi var rætt um félagsgjöld og ákveðið að hafa þau óbreytt fyrir árið 1975, 2.500 franska franka. Ákveðið var að hækka félagsgjöldin fyrir árið 1976 um 10% eða í 2.750 franska franka. Talið var að þar væri eingöngu um verðbólguhækkun að ræða.

Í fjórða lagi var rætt um vinnuhópa. Tillögur voru um 10 vinnuhópa. Farið var í gegnum allar þessar tillögur og nokkrir vinnuhópar stofnaðir. Sá vinnuhópur, sem Ísland hafði mestan áhuga á var að skrá öll jarðgangaverk. Tóku Bandaríkin að sér þann vinnuhóp. Bandaríkin tóku einnig að sér tvo aðra hópa; það er: um samband verkkaupa og verktaka og eftirspurn eftir jarðgangaverkum. Þjóðverjar tóku að sér vinnuhóp í rannsóknarþörf. Svíar vinnuhóp í að skipuleggja nýtingu svæðisins undir borgum. Suður-Afríka tók að sér öryggisreglur í jarðgöngum.

Þau lönd, sem taka að sér svona vinnuhópa verða væntanlega að verulegu leyti að standa undir kostnaðinum sjálf. Þau lönd, sem mestan áhuga hafa á að taka þátt í myndun vinnuhópa taka þátt í þeim ásamt því landi, sem stjórnar vinnuhópnum. Íslandi taldi sér ekki fært að taka þátt í neinum vinnuhóp.

Rætt var um hvar næsti fundur alþjóðajarðgangafélagsins ætti að vera og hvort hann ætti að vera á ársfresti eða tveggja ára fresti. Næsti fundur á að vera í lok febrúarmánaðar á næsta ári í London en strax á eftir þeim fundi verður ráðstefna um jarðgangagerð og námugróft, sem talið er líklegt að margir muni sækja, sem fundinn sitja. Rætt var um það, að slík tilhögun funda væri heppileg að láta fræðandi ráðstefnu vera samtímis fundum félagsskaparins. Talið var, að það gæti gert mörgum auðveldara með að sækja fundi. Rætt var nokkuð um hvar fundurinn ætti að vera 1977. Minnst var á Ameríku í því sambandi en engin ákvörðun tekin. Japanir hafa jafnvel áhuga á að halda fund fljótlega.

Önnur atriði í sambandi við þingið.

Á 1. fundi voru ýms félög kynnt af hinum opinberu fulltrúum hvers lands, en aðeins einn úr sendinefnd hvers lands var talinn opinber fulltrúi. Fjöldi í sendinefndum var frá einum uppí6, en alls voru þátttakendur um 100 með aðstandendum. Á þessum 1. fundi, sem haldinn var í ráðhúsi Münchenborgar, gerðu 17 af 19 sendinefndum grein fyrir jarðgangafélögum síns lands og hverskonar jarðgangagerð þar færi fram og hversu mikil hún væri. Ég gerði grein fyrir jarðgangagerð á Íslandi, sem engin er í dag og jarðgangafélaginu íslenska, hvernig það væri samansett og sagði þá frá væntanlegri jarðgangapörf, sem væri í sambandi við það að beisla allt að 40 TWh í vatnsorku. Einnig minntist ég á vegagöng, sem lítið væri gert af en eðlilegt að þar væri vaxandi markaður.

2. Skoðun á neðanjarðarbrautinni í München

Neðanjarðarbrautin í München var skoðuð á tveimur stöðum og var sín vinnuaðferðin á hvorum þessara staða. Á öðrum staðnum var notuð skjaldarvél með haus, sem snérist og reif bergið. Unnið var undir jarðvatnsborði og því notaður yfirþrýstingur á vinnustað til að halda úti vatni. Bergið er tertiert að aldri, ýmsar settegundir, mjög lausar í sér og oft töluvert vatn í þeim. Styrkleiki er stundum nánast enginn en oftast þó 20-90 kg á cm og upp í allra hæst 300 kg/cm² og eru það þá mörg en þunn lög.

Göngin, sem vélin gerir eru 5-6 m í þvermál og passa fyrir eitt spor neðanjarðarbrautarinnar. Göngin eru fóðruð jafnóðum með tilbúnum steypustykkjum, sem vélin raðar upp nokkurn veginn jafnóðum og grafið er. Þétting á milli steypustykkjanna er með gúmmílistum og er þetta vatnspétt. Fljótlega á eftir er innsprautað sementsgrauti í bilið milli graftarins og fóðrunarinnar.

Afkastageta vélarinnar er 17 m á dag, en séu stopp talin með þá verða þau um 11 m á dag. Það, sem takmarkar afköst hennar er ekki graftargetan heldur takmörkun á möguleikum að koma frá sér greftri og ná að sér efni. Eru slíkar takmarkanir ekki tæknilegar í þessu tilfelli heldur vegna þess að þetta er inni í borg og ekki hægt að hafa umferð alla nóttina. Ef þessar takmarkanir væru ekki, þá gæti vélin lokið allt að því 25 m á klst. Kaup mannanna, sem unnu við göngin var um 10 DM á dag en þeir sem vinna með vélinni geta haft meira og mest þeir sem vinna í háþrýstiloftinu. Þeir fara allt upp í 14 DM á tímann. Vélin er óhemju dýr og fékk ég ekki upplýsingar um, hvað hún kostaði. Hún tekur straum allt að einu megawatti.

Hinn vinnustaðurinn var að nokkru leyti brautarstöð og því mun breið^{ar} göng þar. Hér var notuð allt önnur aðferð við jarðgangagerðina eða svokölluða nýja Austuríska jarðgangaaðferðin, sem merkir að fóðrað er með ásprautuðu gunniti nokkurnvegin jafnóðum og

göngin eru gerð. Göngin eru í þessu tilfalli gerð í mörgu lagi þannig, að fyrst eru tekin hliðarsvæði, mjóar skorur inn með hliðunum. Síðan er tekinn miðhlutinn að ofan. Og síðast er grafinn burtu miðhlutinn að neðan. Grafnir eru 2 m inn án þess að fódra. Þetta er gert með ripperum eða einhverskonar fleygum, sem gengu fyrir þrýstilofti. Síðan er fódrað með gunniti dálítið styrkt með neti og settir upp grannir stálbogar. Þykktin á gunnitinu er 25 cm á útveggjum og um 20 cm eða jafnvel minna inn á því svæði sem aftur á að grafast burtu. Miðhlutinn að neðan var grafinn burtu með venjulegri brautgröfu eða einhverju svipuðu tæki. Heildargangurinn í þessu verki var talinn 70 cm á dag. Sinn verktakinn er með hvort þessara verka og hafa þeir boðið í þau og fengið eitthvað svipaðar niðurstöður fyrir þessar tvær aðferðir hvað kostnað snertir. Nýja austuríska jarðgangaðferðin er miklu hæggengari en kostar mjög lítið í fjármagnsútlátum.

Ef bera ætti saman þetta berg við íslenskt, þá yrði það helst sambærilegt við móberg, sem er lítið eða ekki harðnað eða saman bundið. Bæði verða þessi göng síðan styrkt að innan og sett í þau nytjafóðrun, þar sem meðal annars verða sporin og önnur hjálpartæki í sambandi við rekstur jarðganganna.

3. Heimsókn í jarðgöng í Nürnberg

Jarðgöng, sem gerð eru fyrir neðanjarðarjárnbrautarkerfið í Nürnberg voru skoðuð 2. maí. Nürnberg er með um hálf milljón íbúa og er þetta óvenju lítil borg að leggja í byggingu neðanjarðarbrautarkerfis. Jarðfræðilegar aðstæður eru þannig, að á yfirborðinu er yfirleitt laus sandur eða hálf harnaður en þar undir kemur sandsteinn, sem flestar eldri byggingar í München eru byggðar úr. Samkvæmt upplýsingum verkfræðinga, sem fylgdu okkur á ferðinni er brotstyrkleiki sandsteinsins í göngunum aðeins 10-15 kg á cm². Sandsteinninn, sem notaður er í byggingar hlýtur að vera til mikilla muna sterkari. Ég hef því grun um að hér sé ruglað einingum og styrkleikinn sé í raun ~~10-15 tonn/m²~~ eða 100-150 kg/cm². Jarðgöngin eru gerð að mestu leyti í þurru því jarðvatnsborð, sem yfirleitt hefði staðið yfir jarðgöngunum eða efst í þeim í náttúrlegu ástandi, er lækkað með dælingu niður fyrir göngin. Tvær jarðgangaaðferðir voru sýndar, önnur í lausum sandi og hin í sandsteini.

Í lausa sandinum er unnið með skildi, sem hafði þrjá palla framan á. Þvermál ganganna er 5 m og er fóðrað jafnóðum með stálfóðrun þar sem að stálfóðrunin var úr svipuðum blokkum að lögun og í München en úr hreinu stáli hér í staðinn fyrir að þar var það úr forspenntri steypu. Grafið var með færiböndum en efnið hrundi að mestu sjálfkrafa inn á pallana á skildinum. Grautað var á bak við stálfóðrunina nokkurn veginn jafnóðum til þess að fylla rúmið á milli bergs og fóðrunar. Gangur verksins var sagður um 14-15 m á dag að meðaltali og fór upp í 19 m á dag. Þessi skjöldur var ekki sjálfvirkur eins og skjöldurinn í München, og áreiðanlega miklu ódýrara tæki enda ekki nothæfur til þess að fara í gegnum berg.

Þegar kom inn í sandsteininn var skipt um aðferð og notuð nýja austuríska jarðgangaaðferðin. Var þá grafið með fræsara svipuðum Alpin Miner um það bil 1-1,5 m í einu. Þá voru settir grannir

stálbogar í göngin og síðan ásprautað með steypu og styrkt með stálneti. Ásprautunin var í allt 20 cm á þykkt. Tæim til þrem svona umferðum var lokið á dag og var gangur verksins því um það bil 3,5 m á dag. Þrátt fyrir þennan litla hraða var þessi jarðgangaaðferð talin um helmingi ódýrari en stálfóðrunaraðferðin. Kom þar til hinn mikli kostnaður við stálfóðrunina.

Inn í þessar fóðranir kemur svo að sjálfsögðu nytjafóðrun í báðum hlutum ganganna, sem verður eitthvað svipuð að kostnaði hvor heldur aðferðin hefur verið notuð. Ekki á þó að fóðra með stálinu nema í botninn þar sem leggja á teinana og aðra þjónustulagnir.

Inni í göngunum í Nürnberg og á eftir talaði ég við tékkneskan verkfræðing um neðanjarðarbrautina í Prag. Þeir hafa verið að vinna að henni nokkuð lengi og eru þeir í bergi, sem er að nokkru leyti leirsteinn og nokkru leyti kvartsít og hallar öllu mikið. Allt bergið er dálítið mikið sprungið og styrkleiki frá nokkur hundruð kg/cm^2 upp í 1500 eftir því í hverju er verið að vinna. Þeir hafa haft mikla erfiðleika með bergið vegna mishörku. Einnig hefur verið svolítið hrun af leirsteini inn í göngin vegna legu á sprungum. Hann sagði að núna væri verið að fá nýjan rússneskan skjöld alveg sjálfvirkann. Fóðrað er jafnóðum. Ein ástæðan til þess að þeir vilja nota skjöldinn er að bergið er nokkuð hættulegt vegna hruns og einnig vilja borgaryfirvöld losna við sprengingar, þar sem fólk er hrætt við þær.

4. Skýrsla um Seelesberg-jarðgöngin

Ég skoðaði Seelesberg-jarðgöngin 5. maí í fylgd með Cher frá Electrowatt. Seelesberg-jarðgöngin eiga að vera hluti af hraðbraut í gegnum Swiss milli Basel og Milano á Ítalíu. Á henni eru einnig bílagöngin undir St. Gotthard-skarð. Seelesberg-göngin verða rúmir 9 km á lengd og næstlengstu göng á þessari leið. St. Gotthardsgöngin verða langlengst. Unnið er að þessum göngum frá þrem stöðum, þ.e. frá suðri, norðri og í þriðja lagi nærri miðju. Bergið er misjafnlega kalkríkt setberg, og harka þess er mjög misjöfn. Í suðurenda og norðurenda er bergið kallað kalksteinn og hefur 90% kalkinnihald, en í miðhlutanum kalla þeir það mergel, sem er blanda af kalki, leirsteini og ýmsum metamorfum bergtegundum, og eru þar aðalvandamálin við jarðgangagerðina. Í kalksteininum er brotastyrkleikinn mest megnis frá 500 upp í 2000 og jafnvel 2.200 kg/cm^2 .

Í þessum hluta jarðganganna eru göngin gerð með venjulegum hætti með sprengingum; þversniðið er nærri 10-11 m, og eru þau skeifulöguð. Gangurinn er um 8 m á dag. Sprengt er tvisvar á dag og borað 3-4 m, og nást um það bil 4 metrar með því. Engin styrking er gerð, nema þar sem sérstaklega er erfitt að bora. Þar er boltað venjulega með 3 m löngum boltum. Þakið í göngunum er alltaf gunnitað með þunnu lagi, 2.5 cm eða svo. Göngin eru tvö samhliða, með um 20-30 metrum á milli ganga.

Í mergelnum í miðhlutanum eru sérstök lofthreinsigöng, sem hafa sama þversnið og keyrslugöngin, og eru um 600 metrar á lengd, og er búið að gera þau. Til hliðar við þessi loftræstigöng eru tvö önnur. Önnur voru gerð sem tilraunagöng 3 m í þvermál á árinu 1971 og með Robbins jarðgangavél. Borgangurinn var um 7 m á dag við þessi jarðgöng. Einnig voru gerð frumgöng (Pilot göng), þar sem loftræstigöngin áttu að vera, og var það vegna þess að vart hafði orðið við metangas, sem gat verið mjög hættulegt við vinnu í göngunum. Frá þessum loftræstigöngum og tilraunagöngum við miðhluta ganganna á að vinna alla vinnu í mergelnum. Til þeirrar vinnu hafa þeir fengið Big John jarðgangavél, sem hefur skildi, sem eru frá 10.8-11.2 m í þvermál.

Sjálfgraftar og fóðrunarvélin í Big John hafa þeir eitt eintak af, en aftur á móti 2 skildi. Þeir eru búnir að gera loftrástigöngin með Big John en tengigöngin og byrjun á göngunum þar út frá er búioð að vinna með venjulegri jarðgangaaðferð. Bergið hérna er óstöðugt og hefur komið fram 10 cm hækkun á gólfi og 6 cm sig á lofti. Big John er með stóra gröfu í miðjunni en auk þess eru tennur á skildinum sem geta ýtst inn í bergið með $200-300 \text{ kg/cm}^2$ þrýstingi. Bergið hérna hefur brotstyrkleika, sem er frá 400 kg/cm^2 og upp í 1200 kg/cm^2 . Grafan getur grafið af hringnum sem samsvarar frá $\frac{1}{2}$ til kl 10 miðað við klukkuhring en efsta hlutann getur hún ekki grafið en það á að detta niður við það, að tennurnar ýtast inn í bergið. En í þessu bergi virkaði það ekki þannig og varð alltaf að sprengja niður miðjuna að ofan.

Jarðgöngin eru fóðruð jafnóðum með fyrirfram framleiddum steypuklossum, sem að vélin raðar upp. Þessir steypuklossar geta verið allt að 8 tonn að þyngd. Þeir eru tengdir saman með smá tréstubbum, sem ganga inn í þar til gerð göt. Síðan heldur vélin þeim á sínum stað með því að þrýsta þeim að næstu fóðrun fyrir aftan. Á eftir er svo innsprautað á bak við fóðrunina í gegnum þar til gerð göt á henni. Þetta er gert um það bil 4 röðum á eftir fóðruninni. Fóðrunin er um 40 cm þykk.

Samkvæmt því sem framleiðandinn gefur upp þá á vélin að ráða við berg með hörku allt að með 600 kg/cm^2 en hún sýnir sig að ráða við berg, sem er að minnsta kosti 800 kg/cm^2 . En það harðasta verður svo að sprengja, þann hluta sem er í loftinu, en annars dettur það niður.

Grafan og allt sem fylgir er 907 tonn og skiptist í 4 aðalhluta: 1) er skildirnir, sem eru 377 og 412 tonn; 2) grafan 271 tonn 3) hleðslutækin 127 tonn, og 4) tveir námubílar 128 tonn hvor. Vélin tekur tvisvar sinnum 2000 kV ampera straum, sem að er tekinn inn með 15000 volta spennu og spennt niður í 380 v í vélinni. Kostnaður við vélina er um 15 millj. svissneskra

franka með öllu saman. Borgangur í þeim 600 m og göngum, sem búið er að gera, hefur ekki verið nema 4-6 m á dag og mest náðst um 11 m. Meðalhraðinn er ekki nema um 4 m. Unnið er á tveim 10 klst. vöktum. 40% af tímanum er vélin ekki í gangi. Það var talið, að vélin ætti að geta klárað sig af 10,5 m á dag. Ástæðan til þess, að Big John afkastaði ekki meiru en raun bar vitni um var það að vinnan við fóðrun, það er að raða steypu-stykkjunum og að grauta á bak við þau gekk ekki betur en raun var vitni um. Aftur á móti kláraði hann sig af greftrinum þannig, að hann varð ekki flöskuháls í þessu sambandi.

Að lokum þetta um Big John. Þeim fannst hann ekki hafa gefið það, sem þeir bjuggust við af honum og hann var dýrari og afkastaminni en þeir bjuggust við. Bergið er líka miklu harðara, en hann er reiknaður fyrir. En þó að bergið sé svona hart er það ekki gröftur þess, sem er flöskuhálsinn heldur gangur í öðrum verkliðum í sambandi við verkið. Þetta ætla þeir að reyna að leiðrétta áður en byrjað er á sjálfum veggöngunum og reyna að auka afköst hans upp í 7-8 m dag.

Styrkingin á berginu á svæðinu, sem búið er að grafa í mergelnun innan við loftrástigöngin er gerð nærri eingöngu með boltum, ankerum sem ^{eru} 15 metrar á lengd og með 3 metra millibili og einnig með venjulegum bergboltum, sem eru 3 metrar á lengd, og með meters millibili. Síðan er ásprautað 10 cm þykkt lag með stál-neti til styrktar. Samkvæmt útreikningi þess, sem hefur reiknað út þessa styrkingu, á þetta að þurfa að taka allt að 40 tónna þunga, sem gerir rúmlega 10 kg á fermetra. Afganginn taka þá litlu boltarnir og gunnitið.

Fóðrun á göngunum verður 40 cm að þykkt þar sem að berg yfir er ekki meira en 200 m, en þar sem það nær í 600 m, verður fóðrunin 60 cm þykk. Ekkert er gert til þess að gera göngin vatnsheld. Þau eru eins og áður sagði hátt í 11 metrar að ytra þvermáli en verða 10 m að innra þvermáli. Í svona göngum verða veggöngin miðju vega með loftrástingunni í botninum og í toppinum.

Í hinum göngunum, sem sprengd eru verða veggöngin neðst og loftræstingin eingöngu í efri hluta, sem skipt er í tvö hólf. Steypan til þess að skipta í hólf er ekki nema 12 cm að þykkt. Hún hangir í vírum neðan í fóðruninni sem er 30-40 cm þykk. Öll steypa í fóðrun er borguð, en sú sem utan við A-línu er borguðmeð sífellt lægra verði eftir því sem hún er að meðaltali lengra utan við A-línu. Lækkar því steypuverð smám saman eftir því sem yfirsprengingar verða meiri. Sem dæmi var gefið að fyrir hvern cm í yfirsprengingu lækkaði verðið um einn franka. Ef yfirsprenging er að meðaltali 40 cm er dregið frá steypuverði í yfirsprengingum 40 frankar. Steypuverðið er um það til 100 frankar og yrði þá borgað 60 frankar fyrir steypu í yfirsprengingum.

5. St. Gotthard-jarðgöngin

St. Gotthard-bílajarðgöngin voru boðin út árið 1968 og vinna hafin á árinu 1969 og sjálf jarðgangagerðin á árinu 1970. Jarðgangavinnan er í tveimur göngum, annars vegar bílagöngin, sem eru um 10 m í þvermál og hins vegar hjálpargöng, sem eru gerð til hliðar við bílagöngin, og eru 3 m í þvermál. Hjálpargöngin eru látin ganga á undan aðalgöngunum til þess að fá nákvæmar upplýsingar um jarðfræðina. Yfirleitt munu hjálpargöngin vera um 1-2 km á undan. Jarðgöngin verða 16,3 km á lengd, og á að gera 6,8 km af því norðan frá, en afganginn sunnan frá. Talið var, að bergið væri betra að sunnanverðu, og þess vegna átti það að geta unnist hraðar þeim megin frá. Svo hefur þó ekki reynst, og er því búið að gera 5,5-6 km af göngunum frá hvorum enda. Hjálpargöngin eru sunnan megin frá orðin um 7 km að lengd og klárast á næsta ári, en norðan megin frá bráðlega.

Auk þessara ganga eru gerð 4 sköft til loftræstingar, og eru tvö af þeim lóðrétt, en tvö eru hallandi. Hallandi göngin eru gerð með Wirth borvél, þar sem fyrst voru ^{boruð} 3 m göng, sem síðan verða ^{þau} stækkuð út í 6 m. Að norðanverðu er bergið granít með styrkleika 2200-3000 kg/cm². Gangur við að gera skaftið upp með 84% halla var 4 m á dag að meðaltali og fór mest upp í 12 m. Að sunnanverðu er bergið flöguberg (skiffer), miklu misjafnara og linara í heild, og voru nokkur borvandræði á köflum. Meðalgangur þar var einnig um 4 m á dag. Þar er búið að útvíkka verulegan hluta af göngunum, og hefur meðalhraði í útvíkkun upp í 6,5 m þvermál verið um 3 m á dag. Á hvorugum þessara staða var þó verið að vinna, þegar ég kom. Verðið á jarðvinnu í þessum jarðgöngum var 75 Sv. frankar á rúmmetra, sem er miðað við útboðsverð 1968. Núverandi verð er 114 frankar á rúmmetra.

Búið er að gera eitt af lóðréttu sköftunum að norðanverðu. Var það gert ofan frá og niður eftir og fóðrað jafnóðum með tilbúnum steinsteypustykkjum. Gangurinn var um það bil metri á dag við allt verkið. Þetta er nú notað sem lyftuskraft til þess að taka efnið upp úr miðhluta jarðganganna.

Jarðgangaaðferð að norðanverðu hefur aðallega verið þannig, að sprengdur var efri hluti ganganna fyrst, og gekk þar um 8-10 m á dag. Síðan var sprengdur neðri hlutinn, og gekk þá um 20 m á dag. Jafnóðum er alltaf gerð einhver vörn gegn steinhruni, venjulega þunnt gunnitlag, um 5 cm þykkt í mesta lagi. Einnig er gerð nokkur boltun í þakið.

Á einum stað er bergið mjög lélegt og stendur alls ekki, og er þar verið að vinna núna. Einnig er farið fram hjá þessum stað og unnið lengra inni og farið þá um hjálpargöngin fram hjá staðnum. Á þessum stað er unnið þannig, að fyrst eru gerð hliðargöng, sín í hvorum vegg og steypt þar upp veggir ganganna. Síðan er efri hlutinn tekinn í einu lagi og settir bogar jafnóðum og ýtt inn með fleygum, áður en grafið er, til þess að halda uppi berginu. Bergið er plastískt, og er fleygunum ýtt inn með venjulegri gröfu, Procla.ine-gröfu, sem einnig er notuð til þess ámoksturs í efri hlutanum, sem þó þarf að sprengja. Reyndar voru hliðargöngin tekin í tvennu lagi, efri hlutinn fyrst og síðan neðri hlutinn. Það er um 300 m langur kafli í göngunum, sem eru í svona lélegu bergi. Bergið er sennilega gips eða mjög gipsríkt að minnsta kosti. Gangurinn við þessa vinnu er að meðaltali 1,5 m á dag við efri hlutann.

Sunnan megin frá eru eingöngu notuð tæki á teinum, en í norðurhlutanum eru eingöngu notuð tæki á gúmmihjólborðum. Þrifalegt er því í syðri hlutanum vegna þessa. Að sunnanverðu er farið dýpst í bergið, þar sem fjallið er hæst, og er þar yfir 30° hiti í göngunum, og kemur þar út vatn, sem er nokkuð yfir 30° heitt. Hitinn var óþægilega mikill þarna inni. Yfirleitt er þarna borað allt þversniðið í einu, en þeir eru með sérstakt verndarþak fram við endann, þar sem þeir bæði hreinsa loftið og byrja að bora upp á því meðan enn er verið að moka undir. Gangurinn í góðu bergi er 8-10 m á dag. Að sunnanverðu hafa þeir notað fyrir lélegasta bergið dálítið af Bernolds Bleche, þó ekki upprunalegu formi, heldur með stálbogum.

Í hjálpargöngunum hefur það verið notað í upprunalegu formi, en þar eru stálbogarnir teknir burtu á eftir. Hér er reiknað með því, að með notkun Bernold Bleche geti stálbogarnir verið þynnri, og þó að Bernolds Bleche sé dýrara en aðrar stálplötur, jafnar þetta sig upp.

Að sunnanverðu hafa þeir líka lent í mjög erfiðu svæði, þar sem bergið vill þrýstast inn til hliðar. Hafa þeir mælt formbreytingar upp á 40 cm til hliðar. Þar hafa þeir orðið að gera jarðgöngin í mörgu lagi. Fyrst hliðarhlutana og setja inn stál til stuðnings og síðan taka þeir út meðfram þakinu og setja inn stálboga í þakið og tengja stálbogana saman. Þetta er því ólíkt vinnuaðferðinni að norðanverðu, þar sem þeir settu steypufóðrun í hliðargöngin fyrst. Hérna er líka megnið af miðhlutanum eftir. Það, sem sprengt er meðfram þakinu, er þunnt, bogmyndað op, og hrynur úr því niður í hliðargöngin, þegar sprengt er, og verður því svo mokað burt um leið og miðhlutinn er grafinn út.

Til þess að reyna að stöðva hreyfingu bergsins, eru sett 8 m löng ankeri inn í bergið þvert á gangastefnu. Aðrir bergboltar eru yfirleitt 1,5 - 3,0 m, en einnig hafa þeir 30 cm bergbolta til að festa net.

Kostnaður við jarðgangagerðina er 25 - 30 frankar á m^3 í besta bergi; í flokki 2 er það 30 - 50 frankar, og í lélegasta berginu samkvæmt kostnaðarreikningi.

Fóðrun er borguð með 100 frönkum á m^3 fyrir utan mót. Steypa í yfirsprengingar er borguð á lægra verði og með svipuðum hætti og við Seelesberggöngin. Þó er steypa borguð fullu verði, ef jarðfræðilegar aðstæður valda yfirsprengingum. Steypa er ekki járnþent.

Þar sem vatn lekur inn, eru göngin þétt með sérstöku plasti, sem er fest með nöglum, sem skotið er inn í gunnitið eða bráðabirgðasteypu. Við naglana eru festar smáplötur, sem plastið er soðið fast við með smávegis hitun. Kostnaður af þessu plasti er 28 frankar á m^2 á gömlu verði, en nú er það komið upp í 42 franka á m^2 , komið á sinn stað.

6. Abula-jarðgöngin

Á síðasta degi ferðar minnar voru heimsótt jarðgöng við Albula-orkuverið í Albulaánni, sem er þverá við Hinter Rheine ána, aðra upptakaá Rínar. Orkuver þetta nýtir um 210 m fallhæð, og er hér um hreina rennslisvirkjun að ræða. Jarðgöngin verða um 15 km að lengd, og er útgrafið þvermál 3,80 m. Þessu jarðgangaverki var skipt niður í þrjú um það jöfn útboð og voru notaðar jarðgangaborvélar við mest allt verkið. Á neðsta hlutann var notuð Robbins borvél og var hún búinn með sinn hluta. Í efsta hlutanum var notað Demac borvél og var hún einnig að mestu leyti búin, en í miðhlutann var notuð Lawrens borvél. Hún átti að fara í tvær áttir frá aðkeyrslugöngum fyrst uppeftir og var það búin og síðan niður eftir en hætt var við að nota hana við það vegna þess hversu bergið var lélegt. Bergið er að langmestu leyti ýmiskonar flöguberg og reyndist miklu erfiðara og lélegra berg heldur en áætlað var í fyrstu. Stór hluti ganganna hefur þurft styrkingu við jafnóðum og þau voru boruð.

Harka þessa bergs er mjög breytileg frá örfáum hundruðum kg/cm^2 og er sumt af því berg, sem hreyfir sig, upp í 2000 kg/cm^2 .

Meðalgangur með jarðgangaborvél var 12 m á dag hjá Lawrens og sennilega eitthvað meira hjá hinum vélunum. Besti gangur var 38 m á dag með Lawrensvél og sagði verkstjórinn að best hefði vinnan gengið, þegar bergið var harðast. Verðið fyrir gröftinn var 65 frankar á m^3 borað með jarðgangaborvél en 75 frankar á m^3 fyrir sama borað á vennulegan hátt. Göngin voru víða styrkt og með ýmsu móti. Minnsta styrkinn var sprautun með gunniti. Einnig var sprautað gunniti með vírneti og þar sem verst var voru settir upp bogar og Bernolds bleche. Verkstjórinn taldi Bernolds bleche þægilegt að því leyti að fljótlegri væri að setja það upp heldur en aðra stáfóðrun, sem yrði að sjóða saman. En yfirleitt var Bernolds bleche ekki ntoað eins og upprunalega var hugsað, án stálboga, heldur var það notað inn á milli stálboganna. Verksmiðja Bernolds er þarna í næsta nágrenninu, sennilega um 5 km frá. Líklegt er að sölumennska og "lókalspatriotisni"

komi þarna inn í ákvarðanatöku um notkun þess. Nokkuð hrún var í berginu á meðan verið var að grafa það með jarðgangaborvélinni og þar sem bergið var léglegast var nokkur erfiðleiki að ná stýringu vegna þess að festingarnar náðu ekki almennilegu taki á berginu og var þess vegna ekki hægt að ná fullum þrýstingi.

Styrking fór fram á bilinu á milli sjálfrar jarðgangaborvélarinnar og eftirliggjandi vagns með straumbreytum og fleiri tækjum. Verkstjórinn taldi, að það pláss hefði verið alltof lítið í þessu tilfelli til þess að ráða við þetta og mjög erfitt að vinna vegna þrengsla. En sumstaðar varð töluvert hrún eftir að jarðgangaborinn var kominn framhjá og hreyfingar upp á tugi cm hafa átt sér stað síðan að göngin voru boruð. Verkstjórinn sagði frá því, að í París hefði svona vél verið notuð með sérstökum útbúnaði til þess að setja bogastyrkingar og net strax aftan við krónuna og hefði sú vél afkastað að meðaltali 15 m á dag. Hann taldi, að þeir hefðu komið á einhverjum slíkum útbúnaði hefðu þeir átt von á að bergið væri svona lélegt eins og reynslan hefur sýnt.

Niður á við nota þeir ekki jarðgangaborvélinna, heldur vinna við jarðgangagerðina á venjulegan hátt og gera styrkingar jafnóðum. Gangur er ekki nema um 3 m á dag og kostnaður við þetta verk er eitthvað hærri á hvern meter graftar^{en} með jarðgangaborvélinni. Eftir er að gera rúman km af svoleiðis göngum. Bergið er sennilega ekki léglegra hér heldur en margt af því sem jarðgangaborvélin fór í gegnum. Bergið stendur í 1-2 daga eftir gröft, þá fer það að láta undan inn á við. Þessi stæðni nægir til þess að hægt sé að komast í gegn með jarðgangaborvél án þess að bergið hrynji beinlínis á hana. En það er mikið verk að taka vélinna út og snúa henni við og þessi verktaki hefur ákveðið að gera það ekki heldur láta vinna afganginn af verkinu á venjulegan hátt. Það getur líka haft einhver áhrif, að hann fær það borgað á hærra verði. Fóðra á þessi göng með 20-30 cm steypufóðrun en þar sem göngin hafa látið undan og sígið saman verður þversnið ganganna minnkað og þau þrengd. Á einum stað liggja þessi göng yfir gil og er þar byggður "aqueduct" yfir gilið í staðinn fyrir að gera göng undir.