

DE DOORBORING VAN DEN MONT CENIS.

DOOR

H. J. H. GRONEMAN.

Terwijl in het naburige Frankrijk het groote en bloedige drama, dat zooveel ellende over de bevolkingen van twee groote rijken heeft uitgestort, en, helaas, onze eeuw van vooruitgang zulk een groote schrede van achteruitgang maken deed, Europa's aandacht gespannen hield, werd er op de Zuid-oostelijke grens van het uitgeputte en geteisterde land schier onopgemerkt een overwinning behaald, die der menschheid slechts tot eer en zegen kon strekken, een overwinning — lang voorbereid, niet door de geheime correspondentieën der diplomaten, niet door de tijd- en geldverslindende wapenoefeningen van duizenden aan den arbeid en de productie ontrukte burgers, niet door de tallooze verbeteringen van de velerlei moordtuigen des oorlogs — maar door het denkend genie van groote werktuigkundigen en hunne ware roeping begrijpende staatsmannen; door de reuzenschreden, waarmede in den laatsten tijd de nog altijd door vele minkundigen miskende theorie der natuur- en werktuigkunde vooruitging;... voorbereid en noodzakelijk geworden ook, door de meer en meer gevoelde behoefte om het vrije verkeer tusschen alle volken gemakkelijk te maken.

Het zal, hopen wij, den lezers van dit Album niet onaangenaam zijn, wanneer we in de volgende bladzijden hunne aandacht trachten te bepalen bij de wijze, waarop de bedoelde overwinning behaald werd. Daartoe is het noodig ons in gedachten te verplaatsen naar de grenzen van Italië, Zuid-Frankrijk en Zwitserland, naar de prachtige bergnatuur, waar de eeuwigdurende sneeuw- en ijsmassa's

zich als glinsterende toppen ver boven de omringende bergkammen verheffen en, van heinde en verre zichtbaar, in de eenvoudige liederen van het landvolk begroet worden als de weldoeners der omringende streken. Want van die toppen dalen tallooze beken af, die zich, springend en bruisend, een weg banen door rotsblokken en geboomte, die in menigen stouten sprong spotten met den gapenden afgrond, en zich langzamerhand vereenigen tot riviertjes en eindelijk tot stroomen, om als zoodanig, even als de aderen in ons lishaam, leven en beweging over gansche landen te verspreiden. In deze streken verheft zich de hoogste berg van Europa en zet zich zuidwaarts in een lange alpenketen voort, die sinds weinige jaren de grens uitmaakt tusschen Frankrijk en Italië. Een der toppen van deze keten is de Mont Cenis.

Het is niet alleen het woeste natuurschoon dat deze bergmassa's aantrekkelijk maakt; ook de geschiedkundige beschouwt ze met belangstelling. Tweehonderd jaren voor het begin onzer tijdrekening trok de Karthaagsche veldheer HANNIBAL met een groot leger, ten koste van ongelooftelijke inspanning en van het verlies van duizenden menschen en lastdieren, over deze bergen. Vijftien dagen had hij voor dezen tocht noodig. Met 80000 man opgebroken kwam hij met slechts 30000 in Italië, om echter weldra het Romeinsche rijk op zijne grondvesten te doen wankelen.

In het begin der 16^e eeuw volgde de ridderlijke koning FRANS I zijn voorbeeld na, en in 1800 verbaasde de grootste veldheer onzer eeuw Europa op nieuw door een onverwachten tocht over de Alpen, die hem gelegenheid gaf de Oostenrijkers in den rug te vallen en bij Marengo te verslaan.

Niet langer echter zouden deze bergen alleen door het oorlogsgeweld overwonnen worden. Men moet NAPOLEON I de eer geven, die hem toekomt, van een bruikbaren weg over den Mont Cenis te hebben aangelegd, die op zich zelf een pronkstuk mag genoemd worden. Hier moest men rotsen doen springen, dáár bergkloven aanvullen om den weg te verkrijgen, die nog in onze dagen jaarlijks door 40000 personen en 20000 wagens werd gepasseerd.

Doch de tijden van NAPOLEON gingen voorbij, en zijn gloriezon ging onder in de golven van den oceaan. De rust deed allerwege de welvaart der volken toenemen. Overal verrezzen werken des vredes. Handel, industrie en verkeer konden zich niet langer met gewone wegen en gewone middelen behelpen. IJzeren staven wezen spoedig aan lange rijen wagens het spoor, landen en steden met elkander verbindende.

Afgronden, rivieren noch zeearmen belemmerden hun voortgang. Hier was 't een viaduct die de treinen over duizelingwekkende hoogten, daar een stoute brug van hout of ijzer die hen over breede stroomen deed voortsnelen. Het vernuft van den mensch scheen met alle hinderpalen te spotten... en toch — die bergreeks in noordwestelijk Italië, waarvoor een HANNIBAL en een NAPOLEON niet waren teruggedeinsd, was door geen locomotief te beklimmen en stond daar als een ondoor-dringbare, onwrikbare muur, waartegen de stoutste plannen schenen te zullen afstuiten.

Doch ook hier heeft de mensch eindelijk overwonnen. Op welke wijze?... Ziedaar de vraag die wij thans zullen trachten te beantwoorden.

Sinds 1842 werd de wensch in Sardinië en geheel Italië steeds luider en luider uitgesproken, om een spoorwegverbinding te verkrijgen met Frankrijk. Men zag hierin als 't ware een voorwaarde en een voortteeken van een voor Italië eenheid onmisbaar verbond. Geen wonder dat reeds Sardinië's koning KAREL ALBERT, de bekende strijder voor de onafhankelijkheid van Italië, het denkbeeld van deze spoorwegverbinding voorstond. In 1832 had bereids een inwoner van het dorp Bardonnèche, JOSEPH MEDAIL genaamd, die overal in de bergen bekend was, den zoogenaamden Col de Fréjus aangewezen als de meest geschikte plaats om er een tunnel door heen te boren, en later werd werkelijk zijn gevoel als juist erkend in een aan den koning gericht rapport van den ingenieur MAUS, den ontwerper der welbekende spoorweghelling bij Luik, die weldra de vriend werd van KAREL ALBERT. Deze ingenieur vond een boorwerktuig uit, dat door een aantal stalen beitels het gesteente volgens het dwarsprofiel van een kleinen, voorloopigen kern- of richt-tunnel, zou losmaken, waarna het door middel van wiggen zou worden verwijderd. De beweegkracht (en dit is de groote verdienste van dit ontwerp) zou geleverd worden door het vallende bergwater, dat bij de geprojecteerde tunnelmonden in overvloed was te vinden. Dit water, op waterraderen of andere toestellen werkende, zoude deze in beweging brengen, welke beweging op groote afstanden kon worden overgebracht, door middel van over schijven loopende riemen of kabels, waardoor het mogelijk werd de boortoestellen in werking te brengen door een beweegkracht, die, desgevorderd, op een of meer uren afstand uit het vallende water werd opgenomen. Tegelijkertijd zouden de genoemde schijven in den tunnel de noodige ventilatie-toestellen in beweging brengen. KAREL ALBERT woonde zelf de proefnemings met het

boorwerktuig bij en was zeer ingenomen met de verkregen resultaten. Geen enkele hinderpaal scheen het begin van uitvoering meer in den weg te staan. HUDRY-MENOS zegt er van in de *Revue des Deux Mondes*: "De hoop was algemeen, het vertrouwen onbeperkt; er was iets in de lucht dat groote dingen deed verwachten en de verbeelding aangenaam prikkelde. En mocht men dan thans ook niet hopen, nu men een der oudste en in traditiën zoo rijke dinastieën van Europa op de baan des vooruitgangs zag voorgaan, en dat wel zonder andere beweegredenen dan de liefde tot het volk en de erkenning van de nieuwe behoeften der maatschappij?"

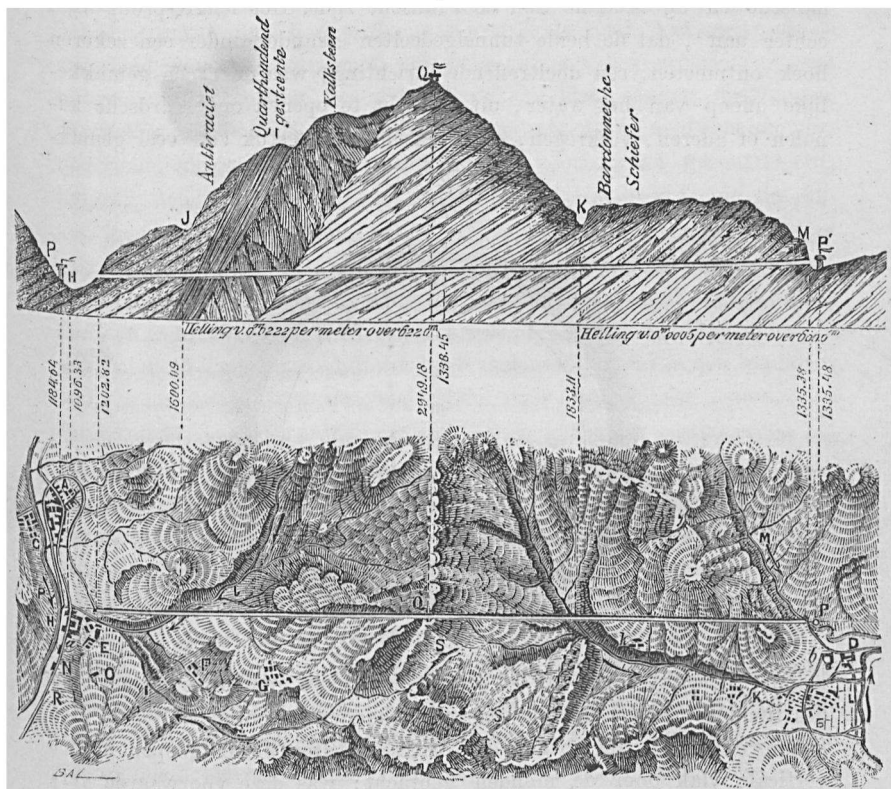
Evenwel, het jaar 1848 deed de schoone plannen van KAREL ALBERT in duigen vallen. Eerst in onzen tijd werden zij door Italië's grooten staatsman, graaf CAVOUR, weder opgevat. In 1857 werd aan eene fransche maatschappij concessie verleend voor een spoorweg van de Alpenhelling tot aan de Ticino, de toenmalige Oostenrijksche grens van Sardinië, onder voorwaarde dat de maatschappij tot het boren van den tunnel 20.000.000 fr. zou fourneeren en de Italiaansche regeering de directie der werken op zich nemen. De voltooiing van het werk moest binnen vijf en twintig jaren na 1 Jan. 1862 plaats hebben. De geprojecteerde spoorweg, Victor Emmanuel-baan genaamd, liep van Turin tot Suza, en verder, langs de kronkelingen der Dora-Ripari, over Oulx tot Bardonnèche, bij den zuidelijken tunnelmond, (4½ uur gaans zuidelijk van den Mt. Cenis), dan door den tunnel van twee uren gaans lengte, onder den Col de Fréjus, bijna in de richting van het noorden naar het zuiden, en ter hoogte van ruim 1300 meters boven het oppervlak der zee, om vervolgens, de Alpen langs de rivier de Arc afdalende, over St. Jean-de-Maurienne zich bij de Rhône aan te sluiten aan het groote fransche spoorwegnet.

Belooft reeds het groote vervoer over den gewonen weg, waarvan wij boven spraken, een schoone toekomst aan de Victor Emmanuel-baan, nog meer wordt men overtuigd van hare belangrijkheid, ook voor ons land en onze Oost-Indiëën, als men nagaat dat de nieuwe mailroute over den Mont Cenis (liever Col de Fréjus), Parijs, Mâcon, Culoz, Turin, Ancona, Brindisi (een nu reeds met het oog op deze zaak verbeterde haven op de Italiaansche kust) een 35 uren sneller vervoer toelaat dan die over Marseille.

Na deze noodzakelijke uitwijding over den loop van den spoorweg, waartoe de tunnel behoort, willen we onze lezers verzoeken een blik

te slaan op fig. 1 en 2¹, voorstellende het lengte-profil en den platten grond van den Col de Fréjus, waardoor men nader bekend zal worden met de naaste omgeving van het groote werk. Uit fig. 1 ziet men dat de lengte van den tunnel bedraagt 12220 meters of ruim twee uren gaans. Wij voegen er echter bij dat dit getal niet als ge-

Fig. 1.



heel zeker kan worden beschouwd, afgeleid als het is uit de zeer moeilijke driehoeksmeting, die de werkzaamheden is voorafgegaan. Tot nu toe vonden wij nog geene opgave, in hoever het genoemde getal strookt met de directe meting, die natuurlijk na het geheel doorboren van den tunnel niet zal zijn achterwege gebleven.

¹ De figuren zijn gevolgd naar de opnemingen van den Civil Ingen. L. Lockert.

onder anderen tot meting van vertikale hoeken geschikt, de plaats aan te geven voor twee andere observatoria P en P', zoodanig, dat deze, met het eerstgenoemde, in eenzelfde vertikaal vlak, dwars door den bergrug gaande, gelegen waren. Indien nu uit deze beide observatoria, aan de monden des tunnels, waarvan ieder met een dergelijk instrument voorzien moest zijn, het middelste zichtbaar was en men de kijkers van beide instrumenten, na hen op het hoogste observatorium gericht te hebben, om hunne horizontale assen draaide, dan had men ook de zekerheid dat de visierlijnen van beide kijkers het vroeger uit het hoogste observatorium bepaalde, vertikale vlak zouden doorloopen. Werkelijk werd door deze instrumenten, tegenover de tunnelmonden opgericht, de richting der tunneleinden voortdurend gecontroleerd, hetgeen door middel van een in den tunnel, in de visierlijn des kijkers geplaatst licht geschiedde. In nadere bijzonderheden omtrent deze zaken te treden, verbiedt de ruimte en de aard van dit Album.

Het lengte-profil moet nog eenige oogenblikken onze aandacht bezighouden, en wel met betrekking tot den aard der rotsen, die het inwendige van den Col de Fréjus uitmaken. Reeds bij de onderzoekingen van den Ingenieur MAUS voor 1848 werd deze bijgestaan door den geoloog SISMONDA en later mede door ELIE DE BEAUMONT. Deze geleerden bestudeerden het gesteente, zooals het aan de helling der bergen voor den dag kwam, en hunne voorspellingen aangaande de rotslagen, die men bij het boren zoude ontmoeten, zijn op verrassende wijze bewaarheid geworden. Den langzaamsten voortgang maakte het werk in de quartzhoudende laag, aan de zijde van Modane, welke eene breedte van ongeveer 400 meters bezat. Daarentegen bezat de Bardonnèche-schiefer weinig hardheid en was verreweg 't gemakkelijkst te bewerken. Terwijl men in de eerstgenoemde laag dagelijks gemiddeld 0,65 meters vorderde, werd dan ook in de laatste een dagelijksche voortgang gemaakt van bijna 3 meters.

De platte grond van de omgeving des tunnels, die naar dezelfde schaal vervaardigd is als die der lengte-afmetingen van het lengte-profil, kan een denkbeeld geven van den overvloed van water dat, van de bergen afdalende, in staat is een waarlijk ontzagwekkende hoeveelheid arbeidsvermogen te leveren. Aan de Italiaansche zijde ziet men de Melezet, een tak der Dora-Ripari, en, aan de Fransche de Arc, als de beide hoofdstroomen waaruit de natuurkracht wordt opgenomen. Wij hebben boven reeds opgemerkt dat dit denkbeeld reeds door

den ingenieur MAUS was opgevat en een deel van zijn plan uitmaakte. De Italiaansche ingenieurs GRANDIS, GRATTONI en SOMMEILLER verschilden echter van den eerstgenoemde in de wijze waarop zij de beweegkracht door den tunnel naar de boormachines overbrachten. Volgens hun vernuftig plan werd het bergwater gebruikt, om door zijn val, in machines die we straks zullen verklaren, de dampkringslucht samen te persen en in sterke ketels van geslagen ijzer te verzamelen. Deze saamgeperste lucht zal door haar groote veerkracht iedere gelegenheid aangrijpen om zich weder uit te zetten en de gewone spanning te herneemen. Daarom kan zij door lange buizen geleid worden naar ver af gelegen punten, zonder op haren weg veel in spanning te verminderen, en is zij op die punten in staat, even als de stoom in de gewone stoommachines, een zuiger voort te drijven en daardoor allerlei werktuigen in beweging te brengen. Men kan deze inrichting vergelijken met die, waarbij het gas uit de fabriek door de straten eener geheele stad wordt geleid, en het bij den Mont Cenis toegepaste denkbeeld heeft wellicht in streken, die aan stroomen of beken gelegen zijn, nog een schoone toekomst. Wellicht wordt later in zulke plaatsen de krachtdragende lucht, even als gas of duinwater per kubieke meter aan kleine en groote industrieëlen verkocht. Merkwaardig zijn in dit opzicht de woorden, door graaf CAVOUR in 1854 in het Sardinische parlement uitgesproken. "Men kan het vallende bergwater veranderen in draagbare kracht. Wij hebben in onze bergstroomen meer beweegkracht dan Engeland bezit in zijne steenkoolmijnen, die de brandstof voor zijne stoommachines leveren moeten."

Gaan wij thans na op welke wijze dat vallende water bij de werken van den Mont Cenis de krachtdragende lucht of draagbare kracht als het ware fabriceert. De machines die hiertoe in 1854 werden uitgevonden en van den aanvang af ten getale van tien aan de Italiaansche zijde gewerkt hebben, dragen, naar het Fransche werkwoord *comprimer*, den naam van *Schok-Compresseurs* (fig. 3). Zij bestaan in hoofdzaak uit een buis, die van een op de bergen aangelegd waterreservoir afdaalt en bij A van een klep voorzien is, waardoor zij kan worden afgesloten, maar ook in verband gebracht met een tweede buis die in twee oploopende armen, beide door kleppen bij B en C sluitbaar, eindigt. De klep bij C sluit den toestel af van den ketel of het reservoir, die een inhoud van 17 kub. meter bezit. Door middel van de buis M, die met een kraan bij r voorzien is, heeft deze ruimte gemeenschap met een

Het reservoir waarmede de buis boven A in verband staat, en waarin het water eerst de noodige reiniging ondergaat, heeft een niveau dat 26 meters ligt boven de waterpaslijn door B gebracht. Het ontvangt geregelden toevoer van water uit de afgeleide bergbeken, maar is tevens zoodanig ingericht dat zijn waterspiegel niet hooger rijzen kan. Wordt nu de klep A plotseling geopend, dan zal het water van die hoogte van 26 meter vallen en in de vertikale buizen B en C opstijgen. Om nu een plotselinge opening van de genoemde klep te verkrijgen, is het noodig dat deze zich gemakkelijk en snel kan bewegen, welk doel aldus is bereikt geworden. De klep is eigenlijk slechts een van boven en beneden open cylinder van koper, die, opgeschoven, de openingen F bedekt en afsluit. De ruimte C onder de klep, communiceert vrijelijk met de buis boven A. De kolom water van 26 meters wordt dus niet door de klep maar door de vaste wanden bij C gedragen, en er wordt slechts weinig kracht tot het optrekken of nederdrukken der klep vereischt. De snelheid, waarmede zij geopend wordt, wordt echter nog vergroot doordien de stang *m* in een zuigertje eindigt, dat in den cylinder P door de aanvankelijk in den ketel aanwezige geperste lucht voortdurend gedrukt wordt, terwijl de nederwaartsche beweging van den stang *m*, en dus ook de opening van de klep A, regelmatig 3 maal per minuut plaats heeft door een klein en eenvoudig werktuigje N, dat door de aanvankelijk in den ketel saamgeperste lucht gedreven wordt. Dit werktuig brengt, zooals de plaat dit duidelijk genoeg aantoont, de as van het excentriek S in geregelde omwentelingen, bij ieder van welke het excentriek met zijn uitstekende punt het gewicht P opligt, dat het nedervallen der klep A verhindert. Wij voegen hier onmiddellijk bij dat dezelfde machine op geheel dezelfde wijze de klep B opent en sluit, maar zóódanig dat als A open, B gesloten is, en omgekeerd.

Het water dat dus bij 't openen der klep A met geweld nederdaalt en in de vertikale buis B opstijgt, maar daar, door de inmiddels gesloten klep B geen uitweg vindt, stijgt met kracht in de vertikale buis C omhoog. In deze buis bevond zich echter gewone dampkringslucht, die nu door de rijzende waterkolom wordt samengedrukt totdat zij meer spanning verkrijgt dan de lucht in den ketel R T. Is dit het geval, dan opent zich de klep C, die alleen in die richting kan bewegen, opwaarts, en de ketel ontvangt een nieuwen toevoer. Inmiddels wordt het arbeidsvermogen van de rijzende waterkolom uitgeput. De

afmetingen zijn zoodanig gekozen dat deze kolom juist tot even boven de klep C oprijst. Het water, dat in de buis T mocht overstorten, wordt in een buisje bij Q opgevangen en van tijd tot tijd verwijderd, maar van de lucht, die aanvankelijk in de buis C bevat was, gaat niets voor den ketel verloren. Op het oogenblik dat de rijzende waterkolom tot stilstand komt en dus zijn werk verricht heeft; opent het excentriek S' de klep B, terwijl het andere excentriek S de klep A sluit. Het water vloeit nu uit de buis B weg door de openingen F der klep B en blijft in de horizontale buis staan tot het vroeger genoemde waterpas dier klep. Een nieuwe hoeveelheid dampkringslucht treedt door de alleen naar binnen openende kleppen O binnen. De compressor heeft ééne slag gedaan en hiervoor twintig seconden gebruikt. De toestel laat echter zonder bezwaar een snelheid toe van 4 tot 5 slagen per minuut. Bij 3 slagen per minuut verschaft zij per dag 880 kub. meters saamgeperste lucht van 6 atmosfeeren spanning, welk getal bij 4 slagen tot 1174 zou klimmen. Aan de Italiaansche zijde konden dus de tien compressors in 24 uren gemiddeld 10000 kub. meters saamgeperste lucht leveren, van de genoemde spanning. Hiertoe is een hoeveelheid water door de kleppen A van alle machines gezamenlijk gepasseerd (daar bij iederen slag een volumen lucht in de buis C van 1,223 kub. meters door water wordt uit de plaats gedrukt, en ieder compressor per dag $24 \times 60 \times 3 = 4320$ slagen doet) van $4320 \times 1,223 \times 10 = 52,834$ kub. meters of ruim 50 millioenen kilogrammen water.

In de werktuigkunde komt het natuurlijk dikwijls te pas, den arbeid te meten, die voor zeker werk noodig is. Als maat voor dien arbeid neemt men dan aan de moeite die besteed moet worden om 1 kilogram 1 meter hooger te brengen. Alzoo zal men, om 1 millioen kilogrammen, van welke stof ook, 10 meters hooger te brengen, ook een millioen \times tien arbeidseenheden behoeven. Onze 50 millioen kilogrammen water, die van 26 meters hoogte nederdalen, vertegenwoordigen daardoor het enorme getal von $50\ 000\ 000 \times 26$ arbeidseenheden, of, zooals zij genoemd worden, kilogrammeters. Evenwel ondergaat dit water in het werktuig zelf allerlei schokken en wrijvingen, waardoor niet al dit in het vallende water ontwikkelde arbeidsvermogen tot de samenpersing der lucht wordt besteed en, in deze overgebracht, voor de beweging der boormachines in den tunnel en het verbreken van den samenhang der rotsen beschikbaar blijft. Bij ieder werktuig, hoe zijne

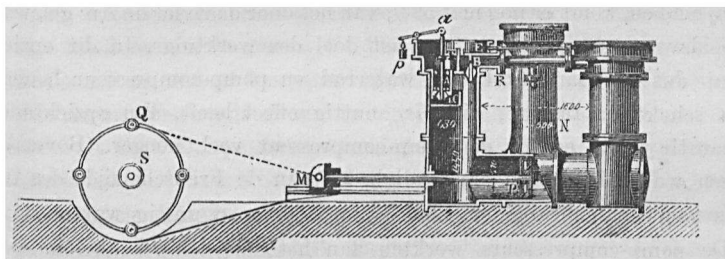
samenstelling en zijn doel ook zijn moge, vindt men zulk eene aanvankelijk in de beweegkracht aanwezige hoeveelheid arbeid, maar ook bij ieder wordt een deel hiervan door de noodzakelijke schadelijke tegenstanden weggenomen en voor de nuttige aanwending onbruikbaar gemaakt. Daar nu deze schadelijke tegenstanden van den aard en de inrichting des werktuigs afhangen, heeft men in het gedeelte, dat van het genoemde oorspronkelijke arbeidsvermogen voor het eigenlijke doel beschikbaar blijft, een duidelijken maatstaf ter beoordeeling van de meerdere of mindere volkomenheid van het werktuig. Bij de schok-compresseurs blijft $\frac{77}{100}$ dus 77% of ruim $\frac{3}{4}$ beschikbaar, en dus behooren deze werktuigen tot de meest volkomene, die er bestaan. De stoom-machine staat in dit opzicht veel lager. Bij haar toch is de genoemde verhouding (*nuttig effect* genaamd) in gunstige omstandigheden slechts 40%, en bij de meeste stoommachines aanmerkelijk veel minder.

Ofschoon we de hoop koesteren de betrekkelijk eenvoudige werking der schok-compresseurs in het bovenstaande te hebben duidelijk gemaakt, blijft er toch wellicht nog een schijnbare tegenstrijdigheid op te lossen overig. Hoe is het mogelijk, zoo vraagt men wellicht, dat aan de eene zijde een kolom water van 50 meters hoogte noodig is om de lucht in den ketel op hare spanning van 6 atmospheeren te houden, terwijl aan de andere zijde eene kolom van slechts 26 meters hoogte in staat is aan het in de loodrechte buis C bevatte luchtvolume eene spanning te geven die noodzakelijk grooter moet zijn, daar de klep C anders niet opgelicht kan worden. Werkelijk leerde de waarneming bij de werktuigen zelve verricht dat de lucht in de buis C tot 7 atmospheeren werd samengedrukt. Daar de theoretische beschouwing, als buiten den aard van dit opstel liggende, hier niet kan worden medegedeeld, hoe eenvoudig zij ook rekenschap geven moge van de toedracht der zaak, willen we ons bepalen met te wijzen op den verschillende toestand waarop zich beide waterkolommen bevinden, en deze is bij de eene, die van 50 meters, een toestand van rust, bij de andere een toestand van beweging. De hamer, die op een spijker rust, zal hem niet indrijven, maar de hamer die er op valt zal dit wel doen. Het reservoir, dat op de berghelling met de hoogste waterkolom in verband staat, behoeft ook geen, het andere daarentegen aanhoudend nieuwen watertoevoer te ontvangen.

Welken hoogen graad van volkomenheid de schok-compresseurs echter ook mogen bezitten, zoo vorderen zij toch veel herstellingen, juist

door de zware schokken die zij telkens hebben te verduren. Het is hierom dat aan de Fransche zijde andere werktuigen zijn opgesteld, namelijk de pomp-compresseurs van SOMMEILLER (fig. 4). Zulk een toestel bestaat in hoofdzaak uit een liggenden cylinder, op wiens uiteinden twee staande cylinders geplaatst zijn. In den liggenden cylinder wordt een zuiger P door een waterrad in heen en weer gaande beweging gebracht. Deze waterraderen (bovenslagers) worden bewogen door de rivier de Arc. Deze had te weinig verval om, even als aan de Italiaansche zijde, door een hoogen val van het water te kunnen werken. (Het is bekend dat de zuidelijke Alpen-hellingen veel steiler zijn dan de noordelijke). In de figuur is S een schijf, die, als kruk werkende, de rondwentelende beweging van het waterrad in een heen en weer gaande beweging van den zuigerstang MO en den zuiger P verandert. Men denke zich nu het samenstel der drie bovengenoemde cylinders gedeel-

Fig. 4.



telijk met water gevuld, dan zal de heen en weergaande zuiger afwisselend een waterkolom in den rechts en links geplaatsten cylinder doen rijzen en dalen. Boven aan ieder der staande cylinders ziet men twee kleppen A en B, waarvan de eerste alleen naar binnen (dat is naar beneden), de tweede alleen naar buiten kan geopend worden. Bij het rijzen der waterkolom blijft de klep A, die bovendien door een tegenwichtje *p* wordt opgehouden, gesloten, terwijl B zich opent voor den aandrang der lucht, die door de rijzende waterkolom in den staanden cylinder wordt samengeperst. De afmetingen zijn weder zoodanig gekozen dat de top van de waterkolom zich een weinig hooger verheft dan de klep B, opdat alle saamgeperste lucht in de buis BR kome, waaruit zij naar den ketel geleid wordt. Natuurlijk verliest men dus bij elken slag enig water uit den liggenden cylinder. Gaan wij na op welke wijze dit weder wordt aangevuld. De ruimte E ontvangt gere-

gelden toevoer van water uit een op de teekening onzichtbaar buisje. Dit water, bij T door een filtrum gezuiverd, bedekt de gesloten klep A. Wanneer nu de waterkolom onder die klep hare daling aanvangt, ontstaat er een gedeeltelijk luchtledig in den staanden cylinder, en de atmosfeer opent de genoemde klep. Het water vloeit met de lucht in de ruimte C toe en stort van daar in den cylinder. Door de inrichting blijft tevens de klep steeds vochtig, hetgeen tot de goede sluiting bijdraagt.

Uit het bovenstaande is gemakkelijk af te leiden dat de pomp-compresseur bij iederen zuigergang een volumen lucht samenperst, bevat in den staanden cylinder, waarheen zich de zuiger beweegt, terwijl in denzelfden tijd de andere cylinder weder met buitenlucht gevuld wordt. De buizen R brengen de gecompriëerde lucht naar het reservoir.

De pomp-compresseur verliest door de schadelijke wederstanden slechts 22% van het aantal arbeidseenheden (zie boven pag. 172) door de waterraderen er op overgebracht. Daar deze zelf een *nuttig effect* van 75% hebben, komt er nog niet 59% van het door de rivier de Arc geleverde arbeidsvermogen ten bate van het doel des werktuigs. In dit opzicht staat dus het samenstel van waterrad en pomp-compresseur beneden den schok-compresseur, die 77% *nuttig effect* heeft. Ten opzichte der reparatie staat echter de pomp-compresseur veel hooger. Bovendien zagen we reeds dat de omstandigheden aan de Fransche zijde des tunnels voor het gebruik der schok-compressieers ongunstig waren.

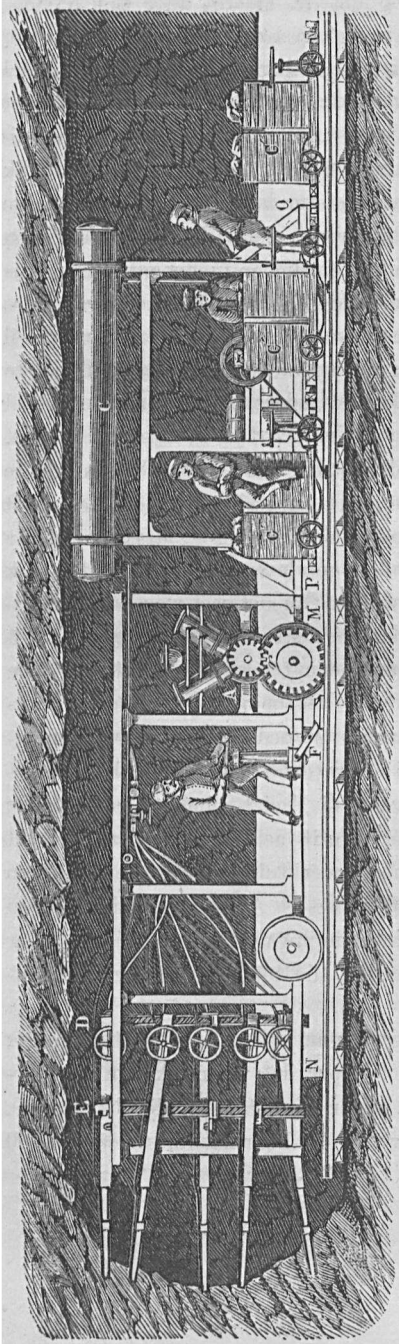
De pomp-compressieers werkten aan het noordelijk tunnelende ten getale van twaalf. Ieder hunner kon, met 16 slagen per minuut, dagelijks 1175 kub. meters saamgeperste lucht, van 6 atmosfeeren, verschaffen.

De aldus door de twee soorten van compressieers geleverde "kracht-dragende" lucht werd door ijzeren buizen door den tunnel geleid naar het boorwerktuig, of liever naar den wagen (fig. 5 M, N), waarop vijf tot acht boorwerktuigen bevestigd waren. Zulk een boorwerktuig is op zeer schoone, maar tevens saamgestelde wijze ingericht, wanneer men het ten minste in alle eigenaardigheden beschouwt. Hoofdzakelijk bestaat het uit een zuiger, die in een cylinder van ongeveer 1 decimeter wijde en een halven meter lengte door de saamgeperste lucht wordt heen en weder bewogen. Aan den zuiger is de boorstang bevestigd, die daaraan tevens eene draaiende beweging ontleent, zoodat hierdoor wordt nagebootst, wat anders de werkman verricht, die het breekijs

met de eene hand omdraaiende, het met de andere, door een hamerslag, vooruit drijft. Blijft de boor in het gesteente vastzitten, dan kan het werktuig door een afzonderlijke inrichting, alweder door middel van saamgeperste lucht, achteruit getrokken worden, hetwelk ook moet geschieden, wanneer een langere boor moet worden ingezet. De zuigerslag is veel kleiner dan de lengte van het te boren gat, namelijk 23 centim., terwijl het laatste 90 centimeter lang is. Wanneer dus de zuiger aan het eind van den cylinder kwam, zoude hij wel verder heen en weer kunnen gaan, maar de boor niet dieper in het gesteente kunnen drijven, zonder dat de geheele toestel onder den teruggang des zuigers werd vooruit gebracht. Het zou ons te ver voeren wanneer wij dit alles nader wilden uiteenzetten. We bepalen er ons daarom toe, te zeggen, dat op het bedoelde oogenblik de cylinder met den verderen toestel vooruitschuift, waardoor de boor op nieuw het gesteente kan treffen. Op deze wijze krijgt men, zonder den boortoestel op den wagen M N te verplaatsen, een boorslag van 0,80 meter. De ontbrekende 0,10 meter wordt verkregen door langere boren te nemen. De lengte dezer laatsten verschilt van 0,5 tot 2 meter. De gaten, die ten getale van 80 tot 100 te gelijk geboord worden, hebben 4 centim. wijdte. Om het heet worden der boorstang te voorkomen spuit voortdurend een straal koud water, uit het reservoir C, hetwelk op den zoogenaamden tender P Q rust, door de donkergeteekende buizen aangevoerd, in het boorgat, tevens het boorgruis verwijderende. Dit reservoir wordt gevoed door een met saamgeperste lucht werkende pomp B. De witte buizen voeren de saamgeperste lucht naar de boorwerktuigen. Bij F ziet men den remtoestel, waardoor de geheele machine belet wordt achteruit te gaan. Wordt deze los gemaakt, dan kan het geheele werktuig door middel van den met gecomprimeerde lucht werkenden toestel A over de rails worden verplaatst. Voorts ziet men een drietal mijnwagentjes op rails, C, ter afvoering van de stukken en het gruis, die bij het springen der mijnen zijn los geraakt.

Gelijk uit het boven opgegeven getal van omstreeks 3 meters volgt, dat men in den Bardonnèche-schiefer per dag vooruitkwam, in verband met de lengte van bijna 1 meter en het getal der boorgaten, maakte ieder der 5 gelijktijdig werkende boormachines per dag 60 gaten.

Fig. 5.



Doch reeds lang genoeg hebben we ons met de beschrijving van de werking der toestellen bezig gehouden. Laat ik u, mijne lezers, in verbeelding naar den tunnel zelf geleiden om er alles in zijn geheel op te nemen. Nog, één haastigen blik op die prachtige omgeving van dit nieuwe monument dat 's menschen vernuft zich gaat stichten, en we treden den tunnel binnen. Een verward geluid, als uit de ingewanden der Aarde, komt uit de donkere, peillooze diepte tot ons. Als onze blikken langzamerhand aan het zwakke licht der lampen gewend zijn, staren we met verwondering dat hechte gewelf van hardsteen aan, dat zich tot eene hoogte van 6 meter boven ons verheft en aan den voet 7 meter breed is (Zie fig. 2). Twee spoorbanen liggen hier naast elkander. Ook zien wij in 't midden het kanaal, tot afvoer van het water, en, ingeval van instorting enz. tevens een veilige terugweg voor de arbeiders. Onze bijzondere aandacht verdienen ook de beide ijzeren leidingen, door een van welke gecomprimeerde lucht, veel sneller dan wij, zich spoedt naar de plaats waar gewerkt wordt, terwijl de andere dienst moet doen wanneer, aan de eerste, reparati-

tie mocht noodig zijn. Terwijl van de ateliers tot aan den tunnelmond de ijzeren buizen op rollen rusten en zich door lederen verbindingstukken vrijelijk kunnen uitzetten, bij verandering van temperatuur, zien we deze voorzorg in den tunnel zelf niet genomen. De reden hiervan is dat de temperatuur daarin, even als zulks o. a. in den St. Pietersberg bij Maastricht en ook in onze kelders het geval is, meer gelijk blijft en, zooals wij hoe langer zoo meer bemerken, nog al zeer hoog. Intusschen naderen wij langzamerhand het doel onzer wandeling. Duidelijker en duidelijker hooren wij de onafgebroken slagen der onvermoeide machine en de verwarde stemmen der werklieden. Eindelijk bereiken we de plaats waar de arbeiders bezig zijn den bekleedingsmuur en het gewelf verder te voltooiën. En dat zulks niet overbodig is wordt ons duidelijk als we nagaan hoeveel honderden meters rots boven onze hoofden zijn op elkander gestapeld en het gevaar voor verschuiving dus niet klein is. Dikwijls heeft dan ook de aanvankelijke tunnel op de gemetselde bekleding moeten wachten. Weder een eind verder bereiken we de mijnwerkers die den door de machine geboorden kern- of richttunnel verwijden en daardoor op de vereischte maat brengen. Thans houdt de groote tunnel geheel op en komen we aan den kleinen, die echter altijd nog 3 meter hoogte heeft. Wat zijn we al aan het licht onzer lampjes gewend. Zie, hier hebt ge den donkerblauwen leisteen, vrij gemakkelijk te bewerken, bijna 1600 meters boven ons oprijzende. Hoe langer hoe meer moeten we onze stemmen uitzetten, om ons verstaanbaar te maken, en eindelijk staan we bij de bonzende boormachine. Deze gettah-percha buis heeft de ijzeren buis vervangen. Zij voert de geperste lucht aan die, nog altijd tot een spanning van bij de 6 atmospheeren, de 8 onvermoeide boren zoo grimmig in de rots doet stooten. Een 70 gaten zijn reeds geboord. Nog eenige minuten en alle zijn af. In de 2 middelste rijen zijn enkele gaten wijder. Deze worden niet met kruit gevuld, maar dienen slechts tot verzwakking van het gesteente. Het eerst springen de twee daarboven en onder gelegen rijen, en daarna de overige in opvolgende orde naar boven en naar beneden. Maar let nu eens hier op de plaatsen, waar eindelijk de saamgeperste lucht, na haar werk volbracht te hebben, ontsnapt en alleen nog inderdaad belangrijke dienst verricht om *en passant* de lucht in den tunnel te verscheren. In de compresseurs toch kwam zij nergens met smeersel of vet, maar alleen met water en metaal in aanraking, zoodat zij na hare ontsnapping nog zeer goed voor de ademhaling geschikt is. Ziet

ge wel dat de metalen deelen der cylinders overal met ijs bezet zijn? We zien hier een schoone physische proef en een nieuwe manier om ijs te maken; iets dat overigens in deze hooge streken in 't geheel niet noodig is. De lucht, die aan hare neiging gehoor geeft om zich uit te zetten, behoeft hiertoe een aanmerkelijke hoeveelheid warmte, die zij neemt, waar zij haar krijgen kan, en dus aan de omringende voorwerpen ontnemt. Indien men, bij omkeering, de lucht samenperst, ziet men deze warmte weder vrij worden, gelijk menige bekende physische proef dit aantoot. Maar wacht! daar houden de boren op met werken. Nog even spuiten de waterstralen, om het boorgruis te verwijderen, in de gaten, die nu snel met een straal gecomprimeerde lucht en daarna met spons geheel gezuiverd en gedroogd worden, en nu begint men ze met kruitkardoezen te vullen. Ook stelt men de toestellen buiten werking, die het boorwerktuig beletten op zijne wielen over de rails terug te loopen. Een machinist stelt den bewegingstoestel (fig. 6 A) door toelating van saamgeperste lucht in beweging, en het geheele duizenden kilogrammen wegende werktuig rijdt rommelend terug en wij volgen, met al de werklieden tot achter een zware eikenhouten deur op eenigen afstand van de nu geheel geladen mijn. Alles is gereed, en op bevel van den opzichter volgt de eene knal den anderen donderend op. Honderd mijngaten zijn gesprongen. De beschermende deur wordt geopend. Een dikke kruitdamp komt op ons aanrollen, maar de opzichter opent de aanvoerbuis en een krachtige uitstroaming van saamgeperste lucht verdrijft den damp in korten tijd. Thans vooral leeren we dit eenvoudige middel op prijs stellen, waarmede hier het bij mijn- en tunnelbouw meestal zoo lastige vraagstuk der ventilatie is opgelost, en begrijpen we één der redenen waarom men de gecomprimeerde lucht boven den stoom bij dit reuzenwerk verkoos.

Welk een gevoel van bewondering moet zich niet van den bezoeker hebben meester gemaakt, die, na een wandeling van ruim een uur gaans, onder ontzagelijke rotsmassa's van honderde meters hoogte, getuige was van zulk een verlenging des tunnels met één meter! Hoe moest de schoonheid en grootschheid van den verrichten arbeid hem treffen, als hij bedacht, dat aan de andere zijde, achter den rotswand, die hem het einde des tunnels scheen, het andere deel daarvan werd uitgegraven en reeds bijna gelijke lengte bereikt had; — als hij verder

naging met welk een juistheid de opmeting van den bergrug moest zijn geschied, opdat, bij het richten van den kern-tunnel van uit de kleine observatoria, aan de beide uitgangen opgericht, men er, niet-tegenstaande den afstand van ruim twee uren gaans, zeker van zijn kon dat de noordelijke en zuidelijke tunnelhelften elkaar eens zouden ontmoeten. En hoe zou de omvang van het werk hem duidelijker kunnen worden, dan door het zien van dat flauwe lichtplekje, dat als een schemerende ster, uit een schier peillooze diepte, hem, met de schoone blauwe kleur van het daglicht, den uitgang aanwees; vooral als hij bedacht, dat het werk in 1861 aan de Italiaansche en in 1863 aan de Fransche zijde aanving en, gelijk men reeds eenigen tijd vooruit met zekerheid kon voorspellen, in 1870, dus in slechts 9 jaren, zoude worden voltooid.

Opmerkelijk is het hoe het aantal meters voortgang per jaar, door de meerdere oefening van het personeel, steeds is toegenomen, behalve in die jaren waarin men de harde kwartshoudende laag ontmoette. Aan de zijde van Bardonnèche, waar dergelijke moeilijkheden zich niet voordeden, springt dit het duidelijkste in het oog. Aldaar kwam men, in

<i>Verschillen:</i>		
1861 — 170 meters	}	140 meters
1862 — 310 „		
1863 — 426 „	}	116 „
1864 — 625 „		199 „
1865 — 765 „	}	140 „
1866 — 812 „		47 „

jaarlijks vooruit.

Aan de Fransche zijde daarentegen zijn die cijfers voor 1863 en volgende jaren: 376, 458, 458,5 en 212.

In de laatste jaren was de gemiddelde, gezamenlijke, jaarlijksche voortgang, 1437 meters.

Den 25 Dec. 1870 werd de verbinding der beide tunnelhelften tot stand gebracht. Een ooggetuige schrijft daarover het volgende, d. d. 27 Dec., uit Bardonnèche.

“De heerschende koude en de groote hoeveelheid sneeuw die gisteren te Turin gevallen is, beletten vele genoodigden hier aanwezig en tegenwoordig te zijn bij de voltooiing van het reuzenwerk. Gisteren ochtend vroeg verlieten wij het station van Turin en kwamen ruim een uur

later te Suza aan. Negen rijtuigen, elk met vier paarden bespannen, stonden daar gereed om de genoodigden verder te vervoeren. Ook hier was een groote hoeveelheid sneeuw gevallen, hetgeen onzen tocht wel wat moeilijk maakte; wij kwamen echter te half twee te Bardonnèche aan. De heer GRATTONI ontving ons allervoorkomendst; hij was omgeven door een aantal ambtenaren en genoodigden. 't Was er vrolijk en prettig; niets ontbrak er, ofschoon wij ons 1300 meters boven de zee bevonden. De tocht zou op draisines, een soort wielers (door werklieden voortbewogen spoorwagen) ondernomen worden. We hadden ons wintercostuum uitgetrokken, omdat we ons weldra in een warme atmosfeer zouden bevinden. Ter nauwernood hadden we dan ook een kilometer in den tunnel afgelegd, of de thermometer teekende $+ 16^{\circ}$ C (61° F.), terwijl de warmte tot op $+ 35^{\circ}$ C. of 95° F. steeg¹, toen wij het midden hadden bereikt. Nadat wij ongeveer 6 kilometers hadden afgelegd, moesten we den weg te voet vervolgen. Spoedig kwamen we aan het punt dat nog doorboord moest worden, of dat eigenlijk, voor weinige minuten voor een klein gedeelte doorboord was. Door de gemaakte opening kon men elkaar reeds van weerszijden toeroepen. De reuzenarbeid was dus zoo goed als voltooid. Reeds waren de mijnen aan beide zijden gelegd; ze moesten nog slechts geladen en ontstoken worden. We gingen ongeveer een halven kilometer terug om het springen der mijnen af te wachten. Het zweet parelde ons op het voorhoofd in dezen onderaardschen gang, die een zeer fantastischen aanblik opleverde. Te half vijf hoorden wij een donderend gekraak. — De mijn sprong. De uitwerking daardoor te weeg gebracht was zoo krachtig, dat op 500 meter afstand alle lichten werden uitgedoofd, zoodat we ons eensklaps in de diepste duisternis bevonden. Op nieuw volgden eenige uitbarstingen, en daarna kregen wij de verzekering dat alle mijnen gesprongen waren. De lichten werden weder aangestoken en, ofschoon wij allen in kruitdamp waren gehuld, togen we toch op weg om door de bres te gaan. De eerste die er doorging was Grattoni. Natuurlijk was het gat betrekkelijk klein. Men moest althans zeer bukken om er door te komen. Aan beide zijden weergalmden de kreten: "*Leve Italie! Leve Victor Emmanuel!*" . . . Te half zes namen wij den terugtocht aan. We waren doodmoe, toen we een uur later weder den

¹ Engelsche berichten spreken van 30° C. of 86° F. maximum temperatuur op den 27sten Dec. 1870.

prachtigen sterrenhemel mochten aanschouwen. Des avonds vereenigden we ons allen aan den feestdich, waar het natuurlijk niet ontbrak aan opgewonden feestdronken. Men meende dat omstreeks de helft van Februari de eerste locomotief door dezen onderaardschen weg zal stoomen."

Tot zoover onze briefschrijver, wiens naam in het blad, waaruit we den brief overnamen, niet genoemd werd. Volgens hem is de laatste mijn op den 26^{sten} Dec. 1870 gesprongen. Andere berichten zeggen: op Kerstdag. Dit doet echter minder ter zake. Wanneer nu nog de groote tunnel geheel is bijgewerkt en de aansluitingsbanen bij de mondingen gereed zijn, kan men zeggen dat de zegepraal is voltooid. Een nieuwe zekere handels- en verkeersweg is dan geopend, belangrijk, ook voor ons land, door het verkorten der mailroute naar Oost Indië ¹, maar veel belangrijker nog daar hij bewijst dat het vernuft van den mensch machtig genoeg is geworden om de slagboomen weg te nemen, die tot nu toe door de natuur gesteld waren aan het vrije verkeer van naburige volken. En dit vrije verkeer, kan het niet leiden tot verbroedering en wederzijdsche waardeering van gemeenschappelijke belangen? Is het niet een der meest doeltreffende middelen om ons, althans eene schrede, nader te brengen tot het verkrijgen van den zoo algemeen gewenschten wereldvrede? Zoo ja, gunnen we dan het jonge koninkrijk Italië, in verbond met zijnen Franschen nabuur, nog menige dergelijke overwinning!

Groningen, Maart 1871.

¹ Over Brindisi. Reeds eenigen tijd werden, gelijk bekend is, de brieven over deze route verzonden, ook langs den *tijdelijken* spoorweg over den Mont Cenis.