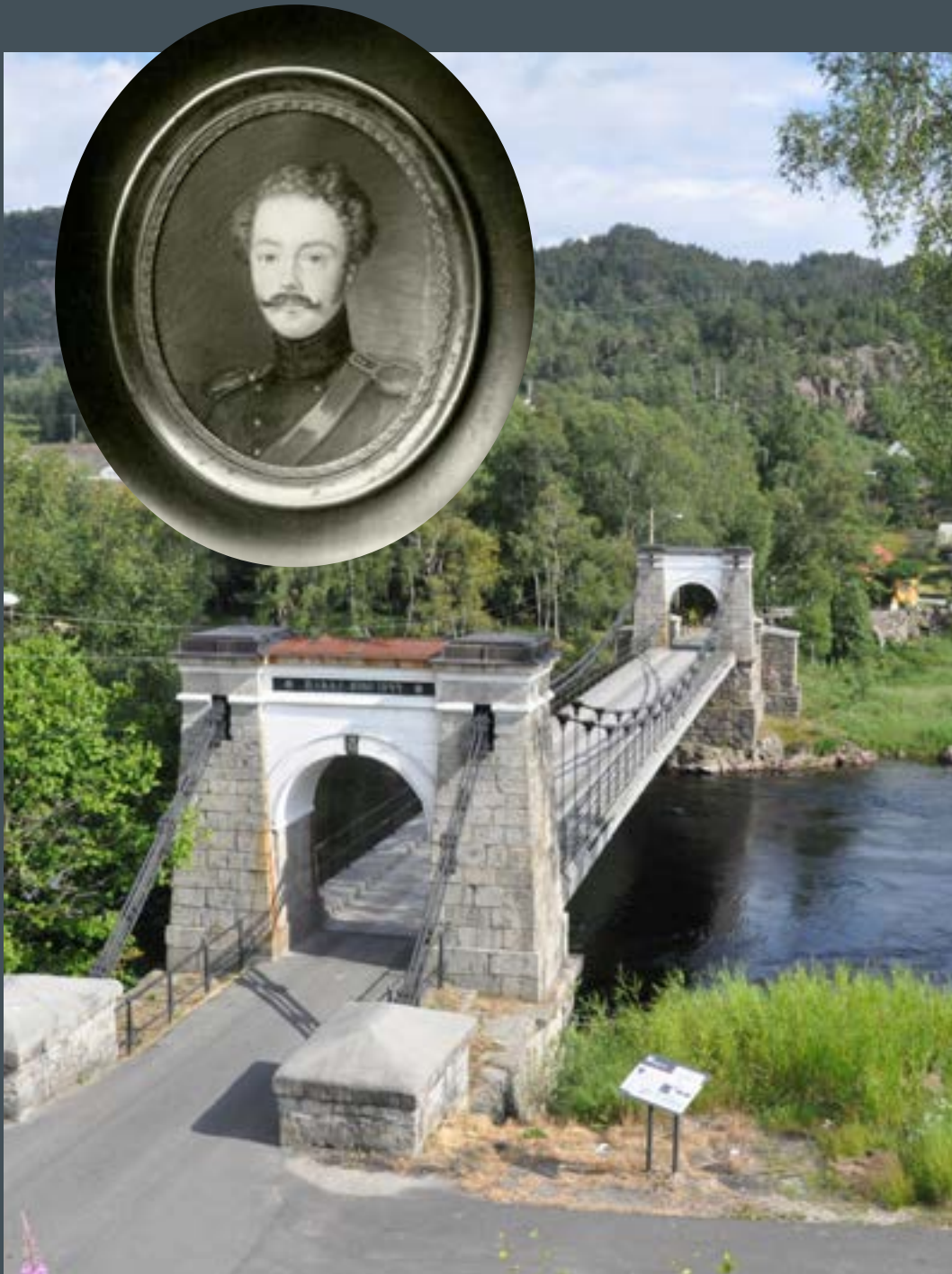


Om Johnson, Bergh og kampen om Bakke bru 1841–1844

AV HANS I. SELAND



Byggingen av Bakke bru utenfor Flekkefjord fra 1841 til 1844 utviklet seg til en faglig kamp mellom Statens veimester Georg Daniel Barth Johnson og senere vegdirektør Christian Wilhelm Bergh. Portrettet av Bergh er malt i 1839. Bildet av Bakke bru er fra 2013. (Foto: Håkon Aurlien).

”En Kjædebro er et Kunstværk og maa, som saadant behandles med Delicatesse”

Om Johnson, Bergh og kampen om Bakke bru 1841–1844

AV HANS I. SELAND

Da irsk-amerikaneren James Finley konstruerte den kjørbare hengebrua over Jacob's Creek i Pennsylvania i 1801, begynte en ny tidsregning for brubygging under den første industrielle revolusjon. I Storbritannia fanget Samuel Brown og Thomas Telford ideen og i 1821 kunne Brown åpne Union Chain Bridge over elva Tweed som den første britiske brua etter Finleys modell.¹

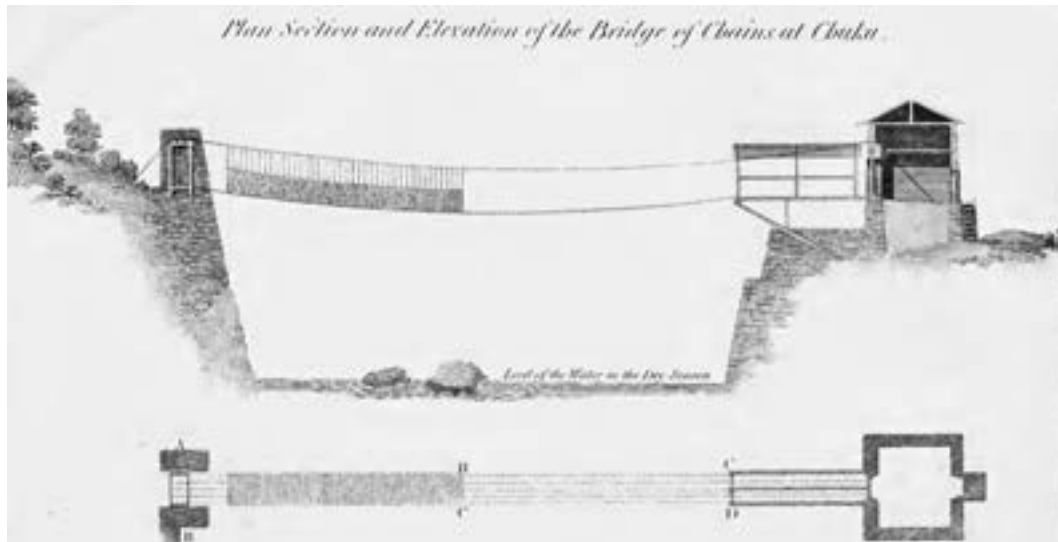
Statens veimester Georg Daniel Barth Johnson (1794–1872) la ut på sin europeiske studiereise sommeren 1838. Et av målene var å finne ei britisk hengebru som kunne kopieres for å krysse Topdalselva ved skysstasjonen Åbel et par mil øst for Kristiansand. Det fant han ikke, men han reiste hjem med notater om Kalemouth Bridge sørvest for den skotske grensebyen Kelso. Spennvidden passet til bru i postveien over elva Sira ved Bakke i dagens Flekkefjord kommune.²

Hengebrua ved Bakke var den første i sitt slag i Skandinavia og fagmiljøet var uforberedt. Da Johnson flyttet til Oslo vinteren 1842, beholdt han ansvaret som prosjektleder, mens ingeniøroffiseren Christian Wilhelm Bergh (1814–1873) ble sendt til bruanslegget som teknisk assistent. Han ble snart klar over at entreprenørene slurvet med muring av landkar og tårn. Og da han kontrollregnet brukjedenes bæreevne med formlene til den franske ingeniøren Claude-Louis-Marie-Henry Navier (1785–1836), ble han overbevist om at jernkjedene var for svake. I juli 1842 varslet han Johnson og Justisdepartementet om bekymringene. Sitatet i tittelen er hentet fra Berghs notat.³

Hans I. Seland (født 1943) er sivilingeniør og var ansatt i Statens vegvesen 1972–2010. Medlem av Norsk-faglitterær forfatter- og oversetterforening (NFF). Han har publisert artikler om G.D.B. Johnsons yrkesliv i denne årboka i 2011, 2013, 2014 og 2015.



I artikkelen gir jeg glimt av hengebruenes historie og belyser den dramatiske prosessen omkring prosjektering og bygging av Bakke bru mellom 1841 og 1844. Jeg skisserer Johnsons forsøk på å overføre konstruksjonen fra skot-



"Bridge of Chains at Chuka in Bhutan". (Tegning av Samuel Turner, 1800).

ske Kalemouth Bridge til den nye brua ved Bakke og oppsummerer debatten etter Berghs bekymringsmelding sommeren 1842. Til slutt drøfter jeg hvordan Johnsons og Berghs kompetanse, faglige nettverk og troverdighet påvirket bruas design.

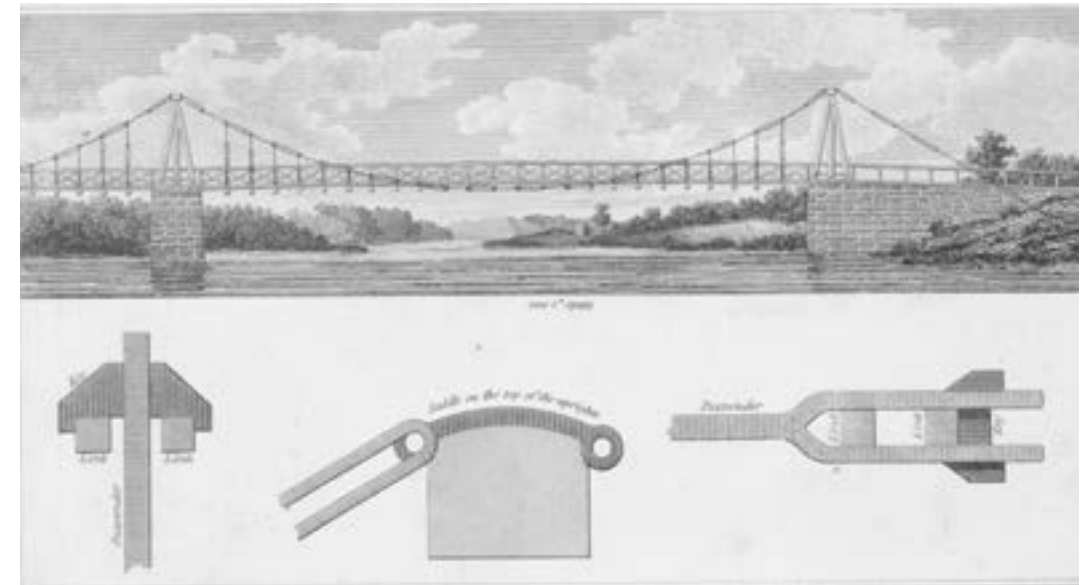
Artikkelen bygger på upublisert kildemateriale og utdyper og nyanse-

rer artikkelen i Årbok for Norsk vegmuseum 2011.⁴ En del faguttrykk er forklart i tilknytning til kildeoversikten.

DE FØRSTE HENGEBRUENE

Hengebruer er blitt bygd i Kina, i Himalaya- og i Andesfjellene i lang tid. I Kina fantes en velutviklet jernindustri, og jernkjedder ble smidd til bruk i hengebruer fra

Modell av Wellingtons hengebru over elva Tajo ved Alcantara. (Fra Museo del Ejército, Toledo, Spania)



Schuylkill Bridge 1810. (Tegning av Benjamin Tanner, fra Library of Congress, USA)

500-tallet etter vår tidsregning. Jesuitten A. Kircher og andre Kina-reisende tok med seg kunnskap om disse bruene til Europa fra 1500-tallet, og britiske kolonitjenestemenn rapporterte om bruene i Himalaya omkring år 1800.

Fra 1500-tallet og fram til Napoleonskrigene ble det bygd en rekke europeiske militære hengebruer ved hjelp av tau eller jernkjedder. Et eksempel er hertugen av Wellingtons hengebru over elva Tajo ved Alcantara. Den ble bygd under det britiske felttoget mot Napoleon i Portugal og Spania i 1812.⁵

James Finley (1756–1828) var dommer og politiker i den amerikanske delstaten Pennsylvania. I 1801 bygde han ei 70 fot lang hengebru over Jacob's Creek. Brukjedene var laget av 5 til 10 fot lange kjettingledd av smijern. Vertikale hengestenger bar brudekket. Finley fikk patent på brukonstruksjonen i 1808, og i årene etter ble det bygd omkring 40 bruer på hans lisens i USA.

Finley eksperimenterte med å finne metoder til å dimensjonere brukjedene. Ved hjelp av tau, trinser og lodd kartla han sammenhengen mellom tauets pilhøyde og strekkraft ved en viss belastning. Han vurderte tilgjengelig informasjon om smijernets bruddstyrke og kom til at han burde være forsiktig og regne den til 60000 pund pr. kvadrattomme (imperial). Og han anbefalte at bruddlasten burde reduseres med en sikkerhetsfaktor på 5 til 6 for å få en trygg driftssituasjon for brua.

Finley fant at forholdet 1 : 7 mellom pilhøyde (forklart under Faguttrykk) og spennvidde var mest effektivt, og dette ble standard for den første generasjonen av nordamerikanske hengebruer.⁶

Finleys artikkel ble lest i Storbritannia, og omkring 1820 hadde både Thomas Telford (1757–1834) og landsmannen Samuel Brown (1774–1852) alt forberedt seg i flere år på å bygge egne hengebruer.⁷ Da det omkring 1815 ble bedt om forslag til

høybru over elva Mersey ved Runcorn nær Liverpool, både konkurrerte og samarbeidet Telford og Brown om å levere planer for hver sin hengebru med hovedspenn ca. 1000 fot. Men prosjektet kunne ikke finansieres og det er seinere blitt vurdert som urealistisk ut fra sin tids teknologi.⁸

Samuel Brown patenterte sin løsning for ankerkjettinger av smijern mens han var offiser i det britiske sjøforsvaret. De første årene satte han bort produksjonen til to smeder i London, men i 1812 etablerte han og partneren Samuel Lennox sitt eget verksted i Millwall ved Tamsen. Forretningen ble en suksess fordi marinen var en trofast kunde.⁹

Året etter bygde Brown ei ca. 30 meter lang hengebru med smjernskjeder inne på det nye verkstedområdet. Telford fikk en prøvetur med hest og vogn, og både han og andre roste brua. Brown brukte erfaringene fra prototypen til å registrere patent for ei komplett hengebru i 1817. Kjedestengenes tverrsnitt kunne være rundt eller rektangulært, og Brown standardiserte avstanden mellom hengestengene til fem fot. Han regnet med at trafikklasten på hengebruene bare var ca. halvparten av egenlasten, og han tok ikke spesielt hensyn til naturlasten. Det førte til at bruene hans ble svært lette og myke.¹⁰

I 1817 fikk Thomas Telford i oppdrag å bygge Menai Bridge i Wales for å effektivisere transporten av post, parlamentsmedlemmer og annet mellom London og Dublin. Telford tok utgangspunkt i planen for hengebru ved Runcorn, men han erstattet sine egne kabelbunter av stangjern med Browns rektangulære kjedestenger av smijern.

Under prosjekteringen fikk han råd av Davies Gilbert som hadde studert matematikk ved universitetet i Oxford. Det førte til at Telford økte tårnhøyden slik at kraften i kjedene ble redusert. Menai Bridge ble åpnet i 1826, men brubanen var uten fagverk for avstiving og den svingte mye i sterk vind. Brua måtte repareres og forsterkes i flere omganger, og i 1940 ble kjedene og brubanen skiftet ut.

Davies Gilbert fortsatte å arbeide med hengebruenes matematikk, og mellom 1821 og 1831 publiserte han tre artikler med formler og tabeller til hjelp ved prosjektering av nye hengebruer. For varierende spennvidde og pilhøyde uttrykte Gilbert kraften i kjeden ved laveste punkt og ved sadlene som vekten av et antall fot kjedestenger med samme dimensjon.¹¹

Den franske ingeniøren og matematikeren Claude L.M.H. Navier kom til Storbritannia på studiereiser i 1821 og 1823. Han besøkte Telfords og Browns prosjekter, og jeg går ut fra at han interesserte seg sterkt for Gilberts teoretiske arbeid.

Navier var kanskje den dyktigste matematikeren av de to, og da han i 1823 publiserte reiserapporten, hadde han brukt differensialregning for å utlede formlene som Gilbert hadde nærmet seg ved prøving og feiling.¹²

Det var den lokale Turnpike Trust (bompengeselskapet) som ga Samuel Brown i oppdrag å bygge hengebru over grenselva mellom England og Skottland nær byen Berwick upon Tweed. Byggingen av Union Chain Bridge begynte i august 1819 og den høytidelige åpningen skjedde 26. juli 1820.

Den kjente skotske ingeniøren Robert Stevenson (1772–1850) var til stede,



The suspension bridge over the Menai ca. 1840. (© The National Library of Wales)

og i 1821 publiserte han en artikkel om det som da var verdens lengste hengebru og den første kjørbare brua i sitt slag i Europa.

På åpningsdagen ble brua prøvebe-

lastet med et vogntog som til sammen veide ca. 40 tonn. Samme dag brøt ca. 700 mennesker sperringene og strømmet inn på brua. Det kunne gått helt galt, men brua tålte påkjenningen.¹³

The Union Chain Bridge, 1819. (Malt av Alexander Nasmyth, fra Friends of the Union Chain Bridge, Berwick upon Tweed).



Den danske professor Georg Frederik Ursin formidlet kunnskap til Skandinavia om den første industrielle revolusjon gjennom det polytekniske tidsskriftet *Magazin for Kunstnere og Haandværkere* som kom ut i København fra 1826 til 1842.

I 1828 skrev Ursin om forholdet mellom hengebruene spennvidde og pilhøyde, for eksempel 1 : 7 for Finleys bruer, 1 : 10 til 1 : 12 for franske bruer og 1 : 11 til 1 : 20 for britiske bruer.

Den allmenne formelen for sammenhengen mellom brulast og horisontal kraft nederst i kjeden ble forklart og dokumentert, slik den ble brukt av Telford og raffinert av Gilbert og Navier. Hengebruene burde ha avstivningsfagverk og smjernskjedene burde ikke belastes med mer enn en tredel av bruddlasten for å ha forsvarlig sikkerhetsmargin.¹⁴

KAMPEN OM BAKKE BRU

Veimester Johnson besøkte grensetraktene mellom Skottland og England i begynnelsen av juli 1838. Jeg vet ikke hvor godt forberedt han var, men under debatten med Bergh i 1842 skrev han at han kjente til hengebruer fra professor Ursins magasin. Året etter kommenterte han hengebruforslaget som Garben hadde arbeidet med siden 1830-årene og mente at hans design basert på Naviers framgangsmåte var "uhensigtsmæssig til bestemt Brug".¹⁵

I reiserapporten *Haandbog for veioffisianter* fra 1839 anbefalte Johnson "Kelsobroen" som han mente passet for norske forhold. I dag heter den Kalemouth Bridge og krysser elva Teviot i nærheten av landsbyen Eckford ca. seks engelske mil sørvest for Kelso. Den ble konstruert av Samuel Brown og bygd i 1830 for gods-

eieren William Mein ved Ormiston Hall. Johnson målte opp brua og i *Haandbog* noterte han at brudekket var 177 norske fot (53,4 m) langt, bredden var 14 fot og kjedestengenes diameter 1 3/4" (norsk). Nå vet vi at diameteren var 2" (imperial) og dette fikk konsekvenser for prosjekteringen av Bakke bru.¹⁶

Omkring 1840 signerte Johnson skiseprosjektet med fire alternativer for bru over elva Sira ved Bakke i Flekkefjord. Det var svingferje ved Sirnes, trebuebruer ved Lendekleiv eller ved prestegården, og endelig hengebru ved Bakke. Alle løsninene er grundig beskrevet i *Haandbog*.

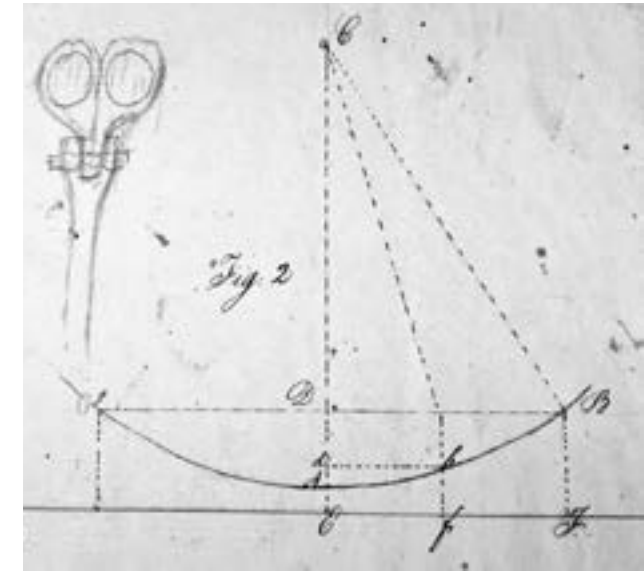
Da Johnson forberedte anbudsprosessen eller lisitasjonen i 1840, gjorde han enkle overslag over hvor mange kjeder han trengte. Beregningen basert på britisk praksis fra tiden før Gilbert og Navier raffinerte hengebruene matematikk i 1820-årene.

Han valgte samme bruspenn som ved Kalemouth Bridge. Den var 178 norske fot mellom tårnsadlene. Og han brukte forholdet 1 : 15,25 mellom pilhøyde og bruspenn slik han mente konstruktøren Brown hadde gjort. Da ble pilhøyden 11,67 fot som han rundet av til 12.

For å finne kjedens lengde forenklet han regnestykket ved å anta at kurven mellom tårnene dannet en sirkelbue. Det hadde både britene og franskmennene gjort før ham, selv om buen egentlig danner en modifisert parabel.

Med Telfords formel for pilhøyden 12 fot ble kraften nederst i buen 1,85 ganger så stor som brulasten.¹⁷ Johnson brukte denne kalkulatoriske snarveien i debatten med Bergh i 1843. Bergh kjente det omfattende formelverket til Navier, men her ble

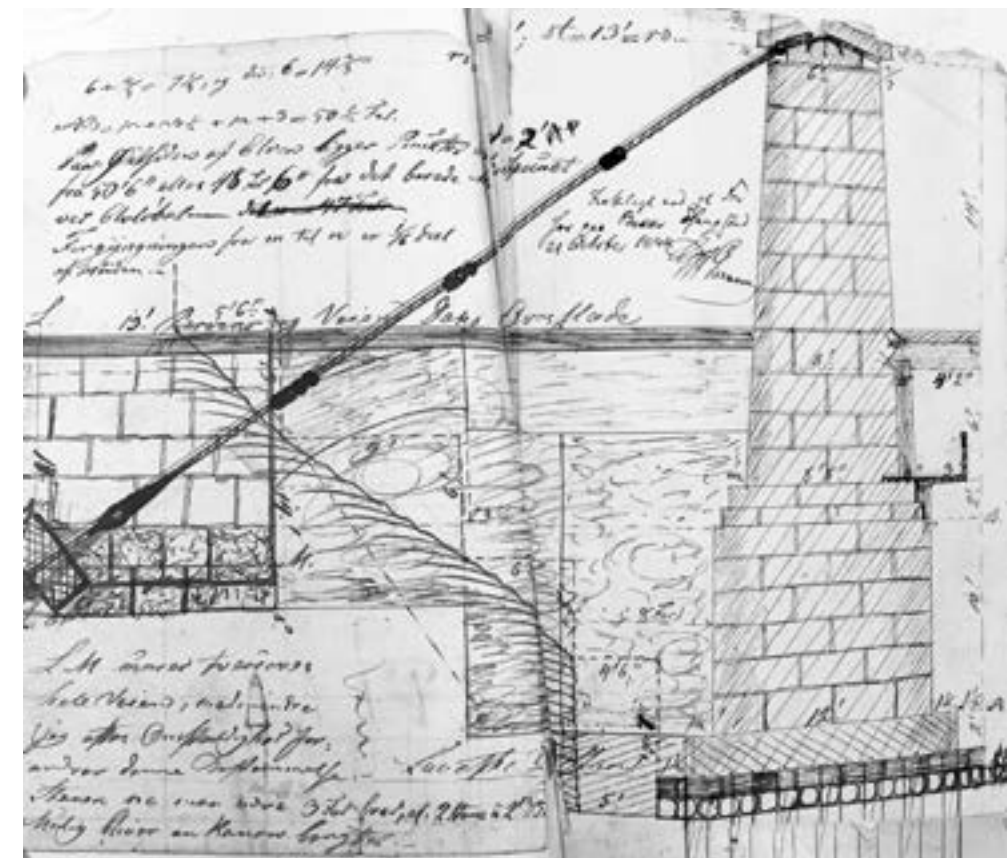
Johnsons skisse av hengebrukjeden BAG som tilnærmet sirkelsegment, pilhøyde AD og bruas spennvidde eller korde BDG. (Fra Riksarkivet, Oslo)

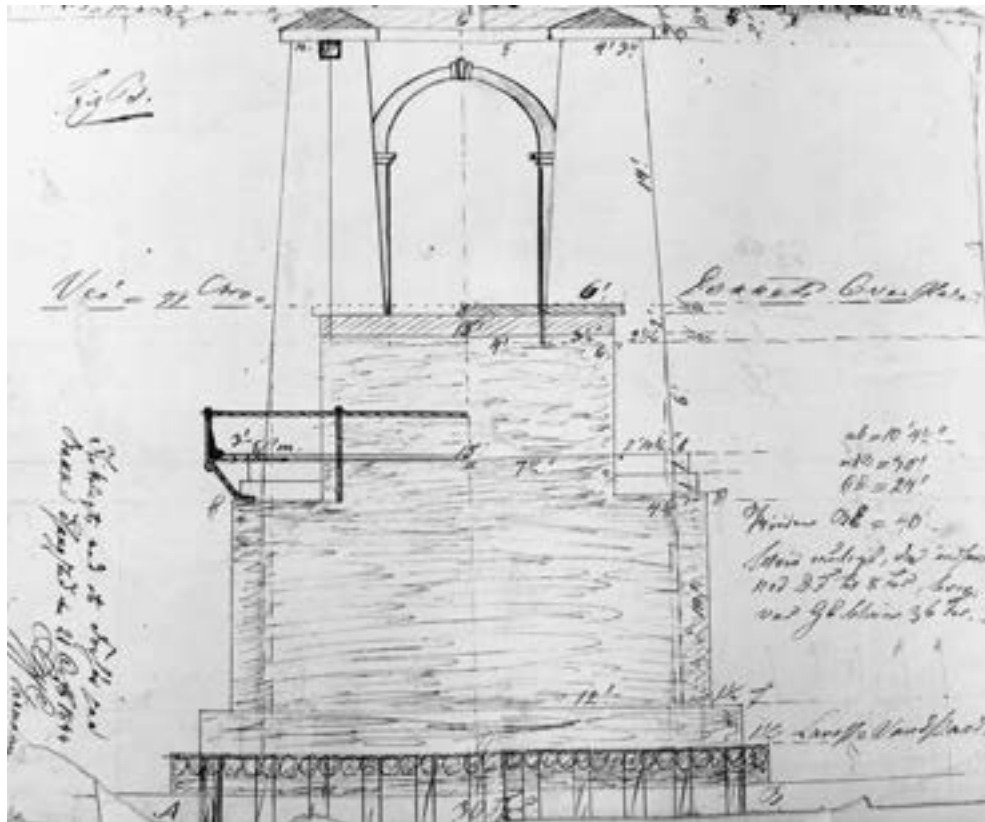


han overrumplet og kalte Johnsons brøkregning for "Charlatanerie". Mer om det seinere.

Lisitasjonen ble gjentatt 4 mars 1841 fordi byggherren, Johnson, mente at prisen var for høy. Lensmannen foreslo

Johnsons tegning av bruas lengdesnitt. (Fra Riksarkivet, Oslo)





Johnsons tegning av bruas tverrsnitt. (Fra Riksarkivet, Oslo)

at veivesenet skulle sørge for at jernet ble levert til Flekkefjord og at steinhoggingen skulle utføres av daglønnere.

I den nye budrunden ble det bedt om pris på tre alternativ:

- **En samlet sum for alle bruarbeidene.** Det kom ingen bud.
- **En sum for alle bruarbeidene unntatt jernkjedene som veivesenet skulle kjøpe og levere i Flekkefjord.** Tollak Asbjørnsen Sirenæs og Sigbjørn Sigbjørnsen Tjørsvaag ga bud på 2600 Spd.
- **En sum for bruarbeidene med unntak av jernkjedene og steinhoggingen som veivesenet skulle sørge for.** Colbeen Tollaksen Fintsnæss og Torkild Askildsen Fintland ga bud på 1980 Spd.

Amtmannen i Lister og Mandals Amt sendte Johnsons fire forslag til bru-løsninger og resultatet av lisitasjonen til godkjenning eller approbasjon i Justisdepartementet. Johnson gikk inn for å bygge hengebrua, men andre protesterte og departementet ba om Ingeniørbrigadens vurdering.¹⁸ Det var naturlig å spørre brigaden fordi offiserene var utdannet som militære ingeniører og mange hadde praksis fra sivile offentlige byggeprosjekter.

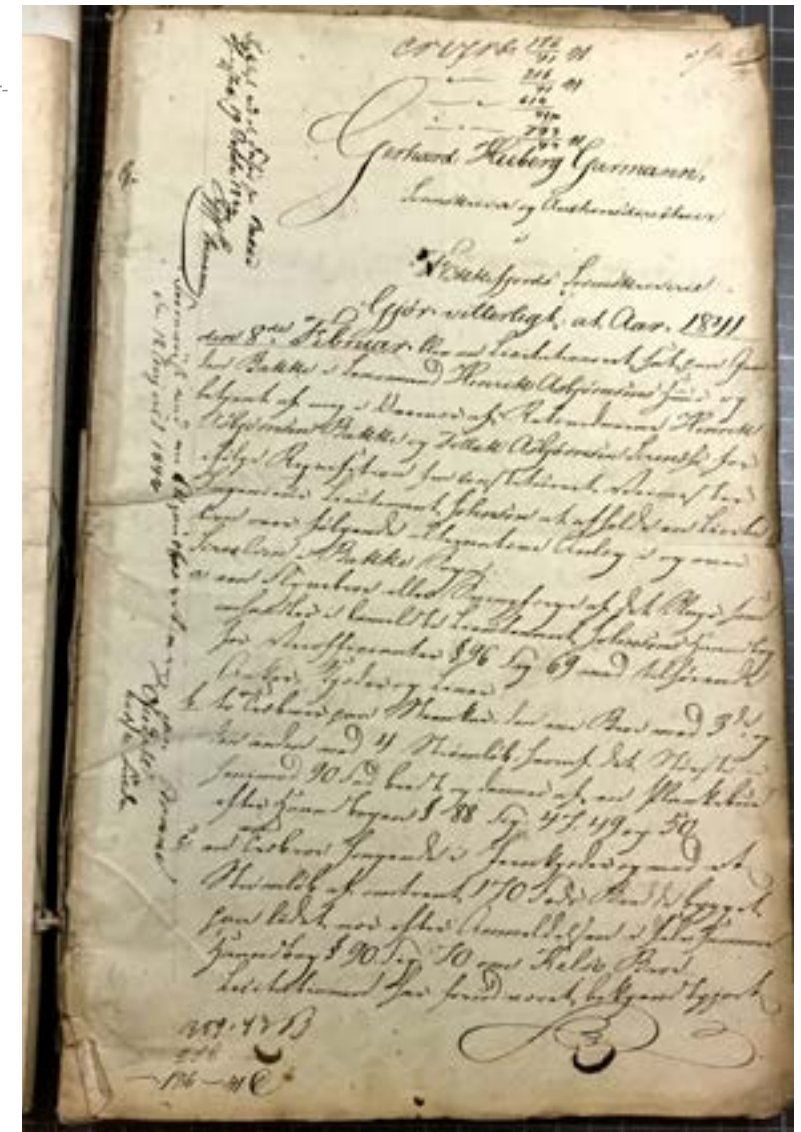
Johnsons kolleger i Brigaden anbefalte hengebrua framfor de andre løsningene, men de pekte på at han ikke hadde lagt ved tekniske beregninger, og avsto derfor fra å uttale seg om den tekniske løs-

Forsiden til sorenskriver Gar-manns protokoll fra licita-tionen 8. februar 1841. (Fra Riksarkivet, Oslo)

ningen. Dermed kokte saken ned til et spørsmål om tillit.

Departementet godkjente den 26. april 1841 at arbeidet med hengebrua kunne begynne og at Colbeen Fintsnæss og Torkild Fintland skulle velges som entreprenører.¹⁹

Antagelig hadde ikke Johnson tenkt å regne så mye, men da Ingeniørbrigaden stilte spørsmål i forbindelse med approbasjonen, måtte han utdype forslaget. I mai 1841 skrev han til departementet at han ville bruke 8 kjeder med diameter 1 3/4" som sammen med resten av jernet veide "51 Skippund". Kjedene skulle tåle en spenning på 61457 pund pr. kvadrat-tomme (norsk) ved brudd. Samlet kapasitet i åtte kjeder var 1181971 pund. Dividert på sikkerhetsfaktoren tre, og på to for å omregne brulast til kraft i kjedene, ga dette sikker bruvekt på 196995 pund. Johnson hadde beregnet virkelig brulast til 185090 pund, og slik fant han at brua var trygg med åtte kjeder:



Mine insendte Tegninger tilligemed den i derhos fulgte Licitationsforretning indtagne Beskrivelse og Detaille antages at indeholde alt Fornødent til – efter bekjendte Theorier for disse Broers Stabilitet – at lade saadanne Beregninger anstille, og Resultatet af mine Beregninger findes i min allerærbødigste Indstilling, følgelig formentes, det var disse Resul-

tater, som skulle prøves. [...]. Kunsten har givet Jernet en langt større absolut Styrke end i Rumfords Dage.²⁰

Johnson fikk landets beste utdannelse som artilleri- og ingeniørspesialist i årene 1817 til 1819 og i overslags-beregningene for kjedene på Bakke bru viste han til Rumfords tyske våpeneksperiment som jeg antar var pensum ved kurset.

Amerikaneren Benjamin Thomson (1753–1814) støttet britene som offiser i uavhengighetskrigen og flyttet til England i 1775. I 1785 flyttet han videre til tyske Bayern der han fikk ansvaret for å modernisere hæren. Rumford var selvært vitenskapsmann og studerte blant annet temperatur og trykk når krutt avfyres i våpen.

I flere eksperiment målte han jernets strekkfasthet, og noterte brudd ved spenningen 63466 pund Avoirdupois pr. kvadrattomme (imperial) som nettopp tilsvarer 61457 pund pr. kvadrattomme (norsk).²¹

På oppdrag fra Johnson reiste "Mechanicus" Halvorsen fra Næs Jernverk til Kelso for å ta nøyaktige mål da jernkjedene til Bakke bru skulle smis. Halvorsen må ha reist kort tid etter at kjedene var bestilt våren 1841, for produksjonen begynte samme høst.

Innholdet i rapporten er ikke kjent i dag, men jeg antar at kjedenes virkelige diameter ble oversett fordi den ikke ble nevnt i debatten som fulgte.²²

I løpet av høsten og vinteren 1841–1842 ombestemte Johnson seg og gikk tilbake til fire hengebrukjeder slik som ved Kaleouth Bridge. Kjente kilder gir ingen forklaring, men det er rimelig at det kan ha skjedd etter Halvorsens reise.

Regjeringen avvirket veimesterembetet ved kongelig resolusjon den 16. oktober 1841 og Johnsons konstituering tok slutt 1. januar 1842. Johnson fikk ordre om å flytte til Horten der han skulle delta i utbyggingen av den militære flåtehavna. Som militær var han ingeniør-løytnant, lønna var skral og familien stor.²³ Embetet som hovedkasserer i Ingeniørbrigaden var ledig og Johnson søkte og ble utnevnt. Han flyttet til Kristiania med familien våren 1842, men fortsatte som prosjektleder for Bakke bru.

CHRISTIAN VILHELM BERGH

På bruanelegget var veiinspektør og kaptein Jørgen P. Fuglberg (1794–1852) byggeleder. Fuglberg var ikke ingeniør-offiser og alt høsten 1840 ba Johnson departementet om å finansiere en assistent som kunne lage arbeidstegninger til brua. Klarsignalet kom i mars 1841, men det tok tid før assistenten kom på plass.²⁴

Ingeniør-offiseren Christian Vilhelm Bergh (som ble landets første vegdirektør 22 år senere) kom til Bakke i mai 1842. Han var 28 år og hadde arbeidet for veivesenet siden 1839.²⁵ Alt han visste om hengebruer hadde han lært de siste månedene av ingeniør-offiseren Balthazar Nicolai Garben (1794–1867).²⁶

Garben ble offiser i 1810, oberst og sjef for Ingeniørbrigaden 1845 og generalmajor 1854. Han hadde interessert seg for hengebruer siden begynnelsen av 1830-årene.

Høsten 1842 publiserte han en artikkel i Militært Tidsskrift om Naviers formelverk som han brukte i et forslag til bru over Glomma ved Fossum.²⁷ Garben var jevn gammel med Johnson og i en periode



Beregning av styrken på hengestengene og utformingen av hengestengene på Bakke bru skape en bitter faglig konflikt ved byggingen av Bakke bru. (Foto: Håkon Aurlien)

omkring 1820 tjenestegjorde de to samtidig ved Fredriksten festning i Halden.

Med et avbrudd den første høsten og vinteren fulgte Bergh bruarbeidet helt til avslutningen høsten 1844.²⁸

På Bakke ble han møtt av byggeleder Fuglberg som kunne rapportere at landkarene var ferdig murt opp i høyde med brudekket.

Men Bergh så snart at entreprenørene hadde slurvet, og han satte i gang en omfattende opprydning. Både Fuglberg og entreprenørene mente at han overdrev problemet og de la skylda for forsinkelse og fordyrelse på Bergh. Murerne hevdet at Bergh hadde ødelagt steinene, men han holdt på sitt. Og i noen dager overtok Bergh muringen for å vise at de nyhogde steinene passet som de skulle.

Da Johnson kom til Bakke 12. august for å rydde opp i forholdet til entreprenøren gjennom en skjønnsforretning ledet

av sorenskriveren, klaget entreprenørene over Berghs framgangsmåte og innteksttapet de hadde lidd. Johnson støttet ikke Bergh, og hevdet at "en erfaren Assistent uten Vanskelighet kunde bringe alt i Orden".²⁹

Men alt den 19. juli hadde Bergh skrevet bekymret til prosjektleder Johnson og foreslått at brukjedene ble endret på tre måter:³⁰

- At alle hengestengene burde festes i leddene mellom kjedestengene og ikke slik at annehver hengestang ble festet midt på en kjedestang.
- At brukjedene burde få bevege seg fritt over sadlene på toppen av pillarene.
- At kjedene burde forsterkes for å sikre brua forsvarlig bæreevne.

Johnson avviste bekymringene, og i en samtale mellom de to hevdet han at Bergh hadde beregnet dobbel kraft i kjedene. Han orienterte departementet om at

han hadde overbevist Bergh om regnefeilen.

Det hadde han ikke, og nå fikk Bergh nok. Den 2. august skrev han til Johnson og ba seg fritatt for arbeidet på bruanelaget med mindre Johnson sørget for at styrkeberegningene ble kontrollert av andre. Johnson valgte å ta brevet som oppsigelse og Fuglberg ble gjeninnsatt som byggeleder.³¹

Berghs bekymringsmelding

Bergh skrev nå en bekymringsmelding til departementet, men holdt det i en forsonlig stil. Han roste Johnson for å tatt initiativ til norske hengebru og for byggingen av Vestlandske hovedvei gjennom Vest-Agder, men formålet med meldingen var likevel å peke på at Bakke bru var for svak og at den var feil konstruert.

Han erkjente at forbildet Kalemouth Bridge hadde fungerte greit i mer enn 10 år, men forsto ikke hvorfor og lurte på om kjedene kunne være smidd av stål. Det ble seinere kategorisk avvist av Næs Jernverk, som hadde spurt seg for hos agenten Dahl i Newcastle sommeren 1842.³²

For å undersøke saken beregnet Bergh bruas egenlast til ca. 103000 pund og trafikklasten til ca. 89000 pund. Med formlene til Navier beregnet han kraften i kjedene ved ytterste hengestang til 396000 pund eller ca. to ganger mer enn samlet last. Fordelt på fire kjeder med diameter $1\frac{3}{4}$ tommer, ga det et samlet areal på 9,6 kvadrattommer og en spenning på 41000 pund/kvadrattomme. Det var omtrent det dobbelte av anbefalt spenning og langt utenfor jernets elastisitetsgrense.³³

For å øke sikkerheten hadde Bergh anbefalt to ekstra kjeder med diameter 2

tommer. Siden forankringskjedene hadde større vinkel mot horisontalen enn hengeskjedene, burde tverrsnittet deres økes enda mer. Spørsmålene om det var forsvarlig å feste hengestengene midt på kjedestengene og hvordan tårnsadlene burde bygges, lar jeg ligge her, men emnet ble grundig behandlet i debatten som fulgte.

Bergh forsto at han måtte søke sakkyndig støtte, og han vendte seg til to av nestorene i Ingeniørbrigaden, som han kjente fra sin tid ved Krigsskolen. Det var ingeniøroffiserene B.N.Garben, som vi alt har lest om, og Henrik Arnold Thaulow Aubert (1798–1863).

Fra 1838 til 1841 tjenestegjorde Aubert i veivesenet med oppdrag i Nedenes amt.³⁴ Det var i Johnsons tid som veimester i Agder og de to må ha kjent hverandre. I noen måneder i 1842–1843 var Aubert statens kanal- og havnedirektør.

I notater datert 10. oktober og 29. oktober 1842 gikk de to ingeniørene god for Berghs vurderinger.³⁵ Garben pekte på at det var krevende å kopiere den skotske brua, fordi Johnson ikke hadde konstruksjonstegningene og fordi det var vanskelig å garantere alle detaljer i oppmålingen. Garben beklaget at Johnson ikke hadde gjort nøyaktige beregninger og skrev at han burde takket Bergh for det store arbeidet han hadde utført.

Mot slutten av brevet drøftet Garben spørsmålet om trafikklast. Selv ville han helst brukt vekten av 1 mann eller 150 pund pr. 3 kvadratfot brudekke, men han aksepterte valget av 1 mann pr. 4 kvadratfot. Og han kunne på ingen måte anbefale å belaste kjedene med 41000 pund pr. kvadrattomme slik det ville bli med Johnsons fire kjeder. Hvis Johnson likevel ville full-



At Kalemouth Bridge i Skotland hadde holdt i ti år, ble av Bergh beskrevet som uforsåelig. Johnson påpekte at han bare ville overføre en velfungerende skotsk bru til norske forhold. (Foto: Gordon Miller, 1994)

føre brua etter sine planer, mente Garben at han måtte sørge for full belastningsprøve og selv innestå for resultatet.

Slag for Johnson

Det må ha vært et slag for Johnson at de to kollegene fra hans egen generasjon miskjente hans egen kompetanse og støttet den mye yngre Bergh. Da Aubert omtrent samtidig søkte avskjed fra embetet som kanal- og havnedirektør for å presse opp lønna, sa Johnson "takk for sist" ved å søke embetet og akseptere lavere lønn enn Aubert hadde hatt.³⁶

Johnson svarte i et langt notat den 4. januar 1843 til departementet. Han tok opp tråden fra Bergh og understreket at han bare ville overføre en velfungerende skotsk bru til norske forhold.³⁷

For å hevde seg som tallknuser, beregnet Johnson bruas egenlast til 79000 pund og brukte Naviers formel til å vise at kjedenes spenning ble 15750 pund pr. kvadrattomme. Da Bergh noe seinere fikk Johnsons notat til uttalelse, fulgte han Johnsons premiss for beregningen, men korrigererte spenningen til 16587 pund pr. kvadrattomme ved å være mer nøyaktig med logaritmene. For å komme til denne konklusjonen holdt Johnson trafikklasten utenfor og han reduserte egenvekten for furutreet i brudekket fra 40 til 32,5 pund/kubikkfot.

Bergh hevdet at Johnson ikke hadde begrep om Naviers formler før han så dem i Berghs notat og pekte på at Johnson i brevet fra mai 1841 selv hadde brukt den høyeste egenvekten for furu. Han minnet

deretter Johnson om at han i Haandbog hadde anbefalt en trafikklast som tilsvarte en mann pr. fire kvadratfot. Det skulle gi 588 mann på Bakke bru.

Nå gikk Johnson inn for å omdefinere trafikklasten til 420 mann eller 63000 pund. Det passet med den soldatkolonnen som kunne marsjere gjennom portallene samtidig. I så fall ville spenningen i kjedene bli 28000 pund pr. kvadrattomme. Det mente han var akseptabelt siden han hadde testet kjedene til 30000 pund pr. kvadrattomme før de forlot jernverket. Da ville han være i utkanten av jernets elastiske område, og sikkerhetsfaktoren ville bli redusert til to.³⁸

Da Bergh leste Johnsons notat hadde han støtten fra Garben og Aubert i ryggen. Han forsto at hans vurdering og fagkunnskap holdt på å vinne fram, og han ble både opprømt og nedlatende i marginnotatene som han førte inn i Johnsons notat med rødt blekk.

Her er noen eksempler:³⁹

- *At Hr. Directeur Johnson ikke har havt det mindste Begreb om Theorien for Kjædebroer eller om Naviers Formular, før han lærte dem at kjende af mine Beregninger over Broens Stabilitet, dat. 6te Mai 1841.*

- *Hvis Hr. Johnson, hvad Kjædebroer angaaer, herved sigter til sig selv, saa have nok Arrogance og Uvidenhed aldrig været inderligere forenede!*

- *Har Hr. Johnson havt nogen Mening med hvad han anfører, saa kunde det være ganske fornøieligt at høre en nærmere Forklaring.*

- *Hr. Johnson har altsaa intet Begreb om hvad der forstaaes ved Jernets Elastitetsgrændse, naar han kan fremføre noget saadant Nonsens, [...].*

Juristene i Justisdepartementet var



Professor Christopher Hansteen malt av Aasta Hansteen ca. 1853. (Fra Nasjonalmuseet for kunst, arkitektur og design)

i villrede og ba igjen om faglig støtte fra Ingeniørbrigaden. I svaret fra brigadesjef Wetlesen den 24. februar går det fram at kollegiet heller ikke nå kunne svare på om Johnsons bruplan var forsvarlig, men at "Brigaden i det Vesentligste antager at kunne henholde sig til den af Canal- og Havnedirecteuren paa Embeds Vegne afgivne Erklæring".

Johnson fikk altså tillit fra sine våpenbrødre, men Wetlesen anbefalte likevel departementet å be professor i matematikk ved Universitetet i Oslo, Christopher Hansteen (1784–1873), om "Betænkning med Hensyn til de opstillede Formler og Beregninger, hvormed de forskjellige Anskuelse antages at staae eller falde." Johnson måtte da rette seg etter Hansteens råd eller fortsette bruarbeidet på eget ansvar.⁴⁰

Departementet formidlet Ingeniørbrigadens synspunkter til Johnson i et brev 11. mars og forlangte at han skulle sende tegninger og andre dokumenter til myndighetene i Kristiania. Alt den 14. mars ba Johnson om å få fortsette bruarbeidet etter sine egne planer, og han gjen tok forslaget fra 4. januar om at kjedene kunne forsterkes seinere, hvis det ble nødvendig. Videre ba han om å få låne saksdokumentene for å lage et sammendrag som han ville legge fram for britiske ingeniører til sakkyndig uttalelse.

Det fikk han ikke, men den 28. mars varslet han likevel departementet om at bruarbeidet var tatt opp igjen etter vinteren.⁴¹

BERGH VANT FREM

I løpet av vinteren overtalte Bergh eller Wetlesen professor Hansteen til å kommentere dokumentene i saken, men det skriftlige svaret kom først 26. april. Hansteen innledet med at han hadde for mye å gjøre, men da Johnson fortsatte å insistere på at brua var sterk nok, bestemte han seg for å støtte Bergh.

Det gjorde han ved å bekrefte Garbens uttalelse. Han la vekt på at kjedene måtte være sterke nok til tåle hele brulasten samtidig som en tok hensyn til materialfeil og slitasje gjennom lang tids bruk. Han kommenterte deretter Johnsons overslag over kjedenes kapasitet i brevet til departementet 6. mai 1841.

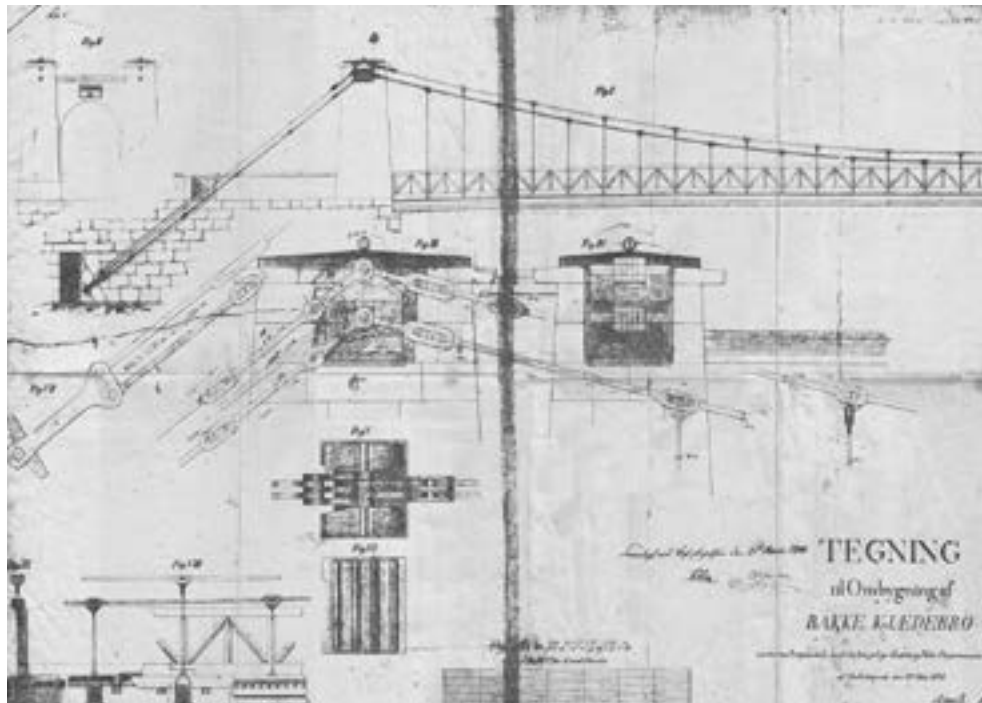
Han kjente ikke igjen det forenklete overslaget basert på Finley og Telford, og mente som Bergh, at regnestykket viste Johnsons inkompetanse. Til slutt hevet han pekefingeren og leverte denne appellen:

Ved et mislykket Foretagende af denne Art bortkastes en betydelig Sum Penge, Menneskers Liv udsættes for Fare, man faaer en Skræk for denne Broe-Construction som i vort Land paa flere Steder vil kunne anvendes med stor Fordel, og til Slutning vil efter Ordsproget "Skam og Skade følges ad".⁴²

Den 24. april 1843 hadde Bergh gjort ferdig en ny og oppdatert versjon av sitt notat. Han kalte Johnsons notat for uvitenskapelig, og fortalte at da han møtte Johnson i Kristiansand i mai 1842 skulle veimesteren ha sagt om sin egen kalkyle: "Det er ingen anden maade at beregne paa." Altså at Johnson ikke kjente nyere metodikk.

Bergh gjentok kritikken av Johnsons vurdering av egenlast og trafikklast, og gikk igjen inn for at alle hengestengene måtte festes i leddene mellom kjedene. Han konkluderte med at brua trengte to nye doble kjeder, men nå med samme tverrsnitt som Johnson hadde spesifisert. Det vil si 1 ¾ tommes diameter. Og etter råd fra Garben og Hansteen gikk han inn for at kjedene måtte kunne bevege seg over tårnsadlene, og ikke ligge fast slik Johnson, med Brown som forbilde, gikk inn for.⁴³

Den faglige og personlige konflikten toppet seg i begynnelsen av mai 1843. Selv om departementet nølte i det lengste, kom avgjørelsen endelig den 11. mai i brev til Amtmanden i Lister og Mandals Amt (L&M). Departementet skrev at det ikke hadde "anseet det tilrådeligt at lade Broen fuldføre saaledes som af Canal og Havnedirecteur Johnson forudsaaet, hvorfor man under Dags Dato har anmodet ham om uopholdelig at standse Arbeidet, [...]." Og



Berghs oversiktstegning for ombygging av Bakke bru til den utførelse den fikk i 1844. (Tegning fra Vegdirektoratets arkiv)

den 15. mai til Bergh: "det [...] paabegynte Broanlæg over Sire Elv herefter overtages af Dem, skulde Departementet tjenstlig anmode Dem om snarest mulig å treffe alle til Arbeidets Fortsættelse fornødne Foranstaltninger [...]".⁴⁴

KOMPETANSE, FAGLIGE NETTVERK OG TROVERDIGHET

Hva var det som gikk galt for Johnson og hvordan kunne det ha seg at Bergh holdt hodet kaldt og vant den faglige diskusjonen. Kanskje kan noe av forklaringen spores til utdanning og erfaring, hvem de rådførte seg med og hvilke fagbøker de leste. Og ikke minst: hvem hadde myndighetene tillit til?

Prestesønnen Georg Daniel Barth Johnson tok styrmannseksamen i 1810 og

seilte som jungmann på England under lisensfarten 1810–1811. Han ble underoffiser ved Oplandske infanteriregiment i 1811 og etter kurs ved Det Kongelige Norske Land Cadet Corps ble han sekondløytnant i 1812.

Han ble volontær eller betalende kadett nr. 786 i 2. klasse ved offisersutdannelsen høsten 1812. Han flyttet opp i 4. klasse og alt i januar 1814 var han kadett i 5. klasse. Fra februar 1814 deltok han som ung offiser i skarpe trefninger med svenskene, og han gjorde vaktjeneste på Eidsvoll under Riksforsamlingen. Som vi ser ble Johnsons virkelige skolegang redusert til et par år, men i 1815 fikk han og andre krigsveteraner fra Landkadettkorpset likevel dispensasjon fra å ta offiserseksamen.⁴⁵



Snart 175 år etter åpningen er Bakke bru fortsatt åpen for den gangs tunge lass, i dag lette kjøretøyer. (Foto: Håkon Aurlien)

Johnson ble ansatt i Ingeniørbrigaden i 1815. Han fulgte forelesninger ved Universitetet og i februar 1817 ble han elev ved det første toårige kullet til Den høiere Undervisningsanstalt som skulle gi spesialisert militær og sivil tilleggsutdanning for ingeniør- og artillerioffiserer.

Det kan se ut til at språkopplæringen ble mangelfull for Johnson under hans amputerte og uryddige kadettperiode. Selv noterte han på sine gamle dager at "Havde jeg været Hjemme i Sprogene, da var jeg utvivlsomt blevet Ordonants-officer hos Kong Carl Johan i Aaret 1838". Under studiereisen beklaget han "min slette Fransk" da han skulle møte Kongen, men han fortalte også om en samtale på engelsk med byggmesteren David Berwick i St. Andrews.⁴⁶

Kanskje var tysk likevel hans beste fremmedspråk? I Haandbog refererte han til den tyske vei- og jernbaneingeniøren August Leopold Crelle som var redaktør i Journal der Baukunst i Berlin. Han kjente til ingeniør og forfatter J.M. Voit i Augsburg, Oberbaurath H.F. Pechmann i München og til Rumfords tyske våpeneksperiment. Han hadde lest om Thomas Telfords arbeider omtalt i Public Works of Great Britain og Charles Dupins Voyages 1816 som ble oversatt til både engelsk og tysk i 1820-årene.

Noen av disse bøkene kan han ha hatt i "Bogskabet paa Loftet" i 1840-årene, men han kan også ha lest redigerte versjoner i Ursins Magazin. Der ble "hængebroer" omtalt grundig fire ganger, Crelle fire ganger og Dupin seks ganger.⁴⁷



Austre Moland prestegård. Tegnet av Georg Daniel Barth Johnson ca. 1815–1820. (Bilde fra Nasjonalbiblioteket, håndskriftsamlingen)

Ved reformen i 1820/1821 ble Landkadettkorpset og Den høiere Undervisningsanstalt slått sammen til Den Kongelige Norske Krigsskole.⁴⁸ Fra 1829 ble kadett- eller grunnutdannelsen delt inn i første hovedavdeling, som varte i tre år, og andre avdeling i to år. Det ekstra skoleåret skulle gi tid til å utvide undervisningen i humanistiske fag, blant annet historie, latin, logikk og praktisk filosofi.⁴⁹

Christian Vilhelm Bergh ble tatt opp som kadett nr. 1054 ved Krigsskolen da han fylte 14 år høsten 1829. Det ser ut til at Bergh begynte i 2. klasse, for han tok eksamen i 1833 og gikk videre som elev ved den Militaire Høiskole fra januar 1834 til februar 1837.⁵⁰

Der fikk han samme spesialisering som Johnson hadde fått ca. 20 år tidligere,

men skolen varte i tre år mot to på Johnsons tid.

Gjennomgangen viser at mens Johnson bare fikk et par års effektiv skolegang i kadettkorpset, så tilbrakte Bergh fire til fem år i Krigsskolens nederste avdelinger. Johnsons ingeniørutdanning varte i to år mens Bergh fikk tre år med spesialisering. Selv om Johnson hadde en del forkunnskaper i realfagene, ser vi at han manglet den fordypningen som Bergh seinere fikk del i.

I 1839 ble Bergh ansatt i veivesenet, og han arbeidet med veispørsmål resten av yrkeslivet. En vet ikke mye om de personlige egenskapene hans, men historikeren Wilhelm Keilhau gir denne oppsummeringen: "For Bergh oppløste problemet sig på denne måten i en sum av tekniske

oppgaver, som alle lot sig løse og som det gjaldt etter hvert å få løst."⁵¹

Under debatten med Johnson viste han bred kjennskap til datidens tekniske forfattere og siterte:

Hvad Gerstner herom yttre i hans Handbuch der Mechanik, hvor Lovene for Jernets forskjellige Egenskaber med Hensyn til Bæreevne, Elasticitet, Udvidelse o. s. v. ere behandlede [...], samt paa Resultater af de af Muschenbroeck, Rondelet, Telford, Brown, Brunel, Rennie, Navier, Dufons, Eytel, Wein, Professor Barlow og Tredgold til forskjellige Tider anstillede Forsøg.

Bergh var altså kjent med både kontinental og britisk faglitteratur. Men det forteller mye om debattklimaet at han i notat til departementet i april 1843 beskyldte Johnson for å ha tyvlånt Berghs nye eksemplar av bøhmiske Friedrich og Josef Schnirchs bok i september 1842.⁵² Boka omtalte Naviers hengebruteori som de begge var opptatt av akkurat da.

Strategen Johnson manglet kanskje Berghs skarpe blikk for detaljene.⁵³ Han kompenserte delvis for manglende teoretisk kunnskap med lang erfaring og stor oversikt, og han var en av svært få norske ingeniører som faktisk hadde førstehånds kjennskap til de nye hengebruene.⁵⁴

Verken Bergh eller professor Hansteen forsto Johnsons argumentasjon og de mente at han slett ikke behersket hengebruteori. Bergh kritiserte Johnsons notat som uvitenskapelig og i den skriftlige debatten mellom juli 1842 og april 1843 forsøkte både Johnson og Bergh å overbevise om at de selv hadde best grep om teorien. Kampen om troverdighet vant Bergh med støtte fra medleserne Garben, Aubert og Hansteen.

SLUTTORD

Våren 1841 mente Johnson at Bakke bru trengte åtte kjeder. Noen måneder seinere ombestemte han seg og halverte antallet til fire. Bare et år etter fikk Bergh støtte av landets fremste fagfolk for at brua måtte forsterkes. Brua skulle bli en norsk kopi av velfungerende Kalemouth Bridge, men hva hadde skjedd mens Johnsons var prosjektleder?

- Kjedestengenes diameter var 1 ¾" (norsk) ved Bakke mot 2" (imperial) ved Kalemouth. Det reduserte tverrsnittet med ca. 20 %.
- Pilhøyden ved Bakke var to fot mindre enn ved Kalemouth. Det gjorde kraften i kjedene ved Bakke ca. 17 % større enn ved Kalemouth for samme last.

Johnson ville bygge en norsk hengebru i tradisjonen etter britten Samuel Brown. I løpet av 1820-årene bygde Brown ti hengebruer. Bruene var lette og billige, og trafikklasten var minimal.

Kalemouth Bridge kom seint i perioden og er et godt eksempel på teknologi-utviklingen. Blant annet har den avstivingsfagverk av tre på hver side av brudekket og den relative pilhøyden er større enn ved Union Chain Bridge. Og i de 20 årene mellom byggingen av Union Chain Bridge og Bakke bru økte det anbefalte påslaget for trafikklast fra ca. 50 % av egenlasten til 100 % eller mer. Johnson skrev om dette i Haandbog, men overså konsekvensene da han skulle kopiere Kalemouth Bridge.⁵⁵

Det kunne likevel gått bra hvis Johnson hadde holdt fast ved planen om å bruke åtte kjeder. Vi har sett at han var inne på tanken, men kanskje var det hans grunnholdning om å bygge billig og spare



Til stor forskrekkelse for entreprenørene, ble kjedene demontert og delvis smidd om etter at Bergh overtok byggingen av Bakke bru i mai 1843. (Foto: Håkon Aurlien)

tert og delvis smidd om på jernverket. Antall kjeder i hovedspennet ble doblet fra fire til åtte, men diameteren var $1\frac{3}{4}$ tommer som i Johnsons prosjekt. Bergh laget detaljerte arbeidstegninger og konstruerte sadlene på tårntoppene slik at de kunne pendle med vari-

ressurser som ødela troverdigheten i prosjektet for ham?

Dermed kunne Bergh i juli 1842 beregne spenningen i Johnsons fire brukjeder under full last til omtrent dobbelt så mye som britene mente var forsvarlig for smijern.

Johnson forsøkte å vise at Bergh hadde regnet feil, men det førte ikke fram. Så forsøkte han å redusere egenlasten ved å omdefinere egenvekten for plankedekket. Og han omdefinerte trafikklasten ved å redusere anslaget over antall soldater som kunne være på brua samtidig. Likevel nådde den kalkulerte spenningen i kjedene yttergrensen for jernets elastisitet.

Bergh kom tilbake til Bakke i mai 1843. Departementet hadde utnevnt ham til prosjektleder og han la all sin energi i å fullføre bruarbeidet. Til stor forskrekkelse for entreprenørene, ble kjedene demon-

terende belastning.

Etter prøvebelastning med steinblandet sand på brudekket og deretter med hestetrukne lastevogner, ble brua åpnet for vanlig trafikk 22. oktober 1844. Departementets utsendte inspektører, ingeniør-offiserene H.F.A. Sibbern og B.N. Garben rapporterte omhyggelig fra inspeksjonen dagen etter.⁵⁶

I mars 1843 ble Georg Daniel Barth Johnson utnevnt til statens Kanal- og havnedirektør og alt i september samme år var han i full gang med å vurdere korridor for Norges første "Steen- eller Jernbane" mellom Oslo og Eidsvoll.⁵⁷

Han avviste nederlaget og som pensjonist i 1860-årene skrev han "Det paastodes senere at mine Piller vare lavere, altsaa min Kjædes Pile var mindre end Kelsobroens, hvorved min Bro blev svagere – for svag! Herom Ved vi intet."⁵⁸

FAGUTTRYKK

Definisjoner og forklaringer er hentet fra Johnsons Haandbog for Veiofficianter, Store norske leksikon og Briså (2004) Teknologi i Skolen. Jeg har bearbeidet og komplettert oversikten ut fra egen erfaring.

Avoirdupois er et målesystem for vekt (masse) som bruker pund og unser som enheter.

Bruspenn: Horisontale avstand mellom bruas understøttelses-punkter.

Elastisk og plastisk fase: En kjedestang av smijern som strekkes med en spenning på ca. 25.000 pund pr. kvadrattomme vil bli forlenget, men trekke seg sammen når spenningen minker. Det er elastisk fase. Hvis spenningen dobles, blir forlengelsen varig. Det er plastisk fase. Hvis spenningen tredobles, blir det brudd i stangen.

Forankringskjæde: Smijernskjeden mellom tårntoppen og forankringen.

Forband: Når murstein blir lagt slik at en stein dekker skjøten mellom to eller flere andre.

Hængkjæde: Smijernskjeden mellom to tårn.

Kjædestang: Kjedene ble satt sammen av stenger og ledd.

Korde: I geometrien er korden en rett linje som skjærer en kurve. For bruyggere er korden en horisontal linje mellom hengebrukjedens understøttelses-punkter (sadlene) eller mellom to punkter på kjeden.

Kraft: Som en følge av ytre last oppstår det indre krefter i konstruksjonen.

Last: Vi skiller mellom laster av typen egenlast, nyttelast, naturlast og ulykkeslast. Nyttelast kan være trafikklast på en bru. Naturlast kan være snø, vind, bølger og temperatur.

Lisitasjon: Rettslig anbudsprosess som ble ledet av sorenskriveren.

Mål og vekt: En britisk (imperial) tomme (") er 25,4 mm. En norsk tomme er 26,2 mm. Et britisk (imperial) pund (lb) er 453,6 g. Et norsk pund er 498,4 g.

Pilhøyde: Vertikal avstand mellom hengebrukjedens laveste punkt og korden.

Sadel: Kjedene hviler på sadel av jern på toppen av hengebruas tårn.

Sikkerhetsfaktor: Konstruksjoner skal ha en definert sikkerhet mot sammenbrudd. På tidlig 1800-tall var det vanlig å sette sikkerhetsfaktoren til tre.

Spenning: Kraft pr. flateenhet.

Statikk: Statikk er læren om likevekt. Prinsippet om likevekt er grunnlaget for beregning og dimensjonering av bærende konstruksjoner.

ARKIVMATERIALE

Forfatterens forkortelser i parentes bak arkivnavnet finnes igjen i notene.

RAa: Riksarkivet. Johnson-slektens privatarkiv. Nr. 1293, boks 55.

RAb: Riksarkivet. RA/S-1127/E/L0076 Veianleggsregnskaper Bakke bro.

RAc: Riksarkivet Oslo. RA/S-1036/B/L0096.

RAd: Riksarkivet. RA/S-1036/B/L0094.

RAe: Riksarkivet. RA/RAFA-1883 Krigsskolen/ del 1/serie Fa/nr. 92, 93, 94.

RAf: Riksarkivet. Statsarkivet i Kristiansand. Arkiv 1271-0005. Stiftamtmanden i Kristiansand.

NJa: Næs jernverksmuseum. Kopibok 1841–1842.

TRYKTE KILDER

Barlow, P. (1826). *An Essay on the Strength and Stress of Timber. [...] Also an Appendix on the Strength of Iron, and other Materials*. Tredje opplag. London: Taylor.

Bjerkek, O.P. (2013). Balthazar Nicolai Garben. I *Norsk kunstnerleksikon*.

Burton, A. (1999). *Thomas Telford: Master builder of roads and canals*. Chapter 12. London: Aurum Press.

Daintith, J. (2008). *Biographical encyclopedia of scientists*. Third edition. London: CRC press.

Day, T. (2002). Brown, Captain Sir Samuel, FRSE. I A.W. Skempton (Red.). *A Biographical Dictionary of Civil Engineers in Great Britain and Ireland: 1500–1830*. London: Thomas Telford.

Day, T. (1997). Samuel Brown: his influence on the design of suspension bridges. I R.J.M. Sutherland (red.). *Structural iron 1750-1850*. Kapittel 9. Bind 9 i J. Brown (hovedredaktør), *Studies in the history of civil engineering*. Aldershot (UK) / Brookfield (US): Ashgate.

Drewry, C.S. (1832). *A Memoir on Suspension Bridges*. London, Longman. 1832.

Dupin, C. (1825). *The Commercial Power of Great*

Britain; exhibiting a complete view of the public works of the country. Bind 1 og 2. London: Knight. *Encyclopedia: or, A dictionary of arts, sciences, and miscellaneous literature; constructed on a plan, by which the different sciences and arts are digested into the form of distinct treatises of systems.* (1798). Philadelphia: Dobson.

Finley, J. (1810). Finley's Chain Bridge. I O. Oldschool (Red.). *The Port Folio*, Vol. III, June 1810, No. 6. Philadelphia: Bradford / New-York: Inskeep.

Garben, B. N. (1842). Forslag til Kjædebro over Glommen tilligemed Sammenligning mellem dette Broforslag og andre efter samme Princip udførte Brobygninger. Med 3 Planer. *Det militaire Tidsskrift*, (2den Række, 2det Bind 1ste og 2det Hefte), [30]-133.

Gilbert, D. (1821). On some properties of the catenarian curve with reference to bridges of suspension. I *Philosophical transactions*. London: Royal Society.

Hosar, H.P. (2000). *Kunnskap, dannelse og krigens krav*: Krigsskolen 1750–2000. Oslo: Krigsskolen / Elanders.

Hængbroer (1828). I F. G. Ursin (red.). *Magazin for kunstnere og haandværkere*. Bind 2. Side 373-379. Fortsatt i bind 5. København: Eget forlag.

Hængbroer (1829). I F. G. Ursin (red.). *Magazin for kunstnere og haandværkere*. Bind 5. Side (73–83 og 89–96). Fortsatt fra bind 2. København: Eget forlag. **Johnson, G.D.B.** (1839). *Haandbog for Veiofficianter*. Kristiansand: Eget forlag.

Keilhau, W. (1931). Tidsrummet 1840 til omkring 1875. Bind IX i E. Bull m. fl.: *Det norske folks liv og historie gjennom tidene*. Oslo: Aschehoug.

Kemp, E.L. (1997). James Finley and the modern suspension bridge. I R.J.M. Sutherland (red.). *Structural iron 1750-1850*. Kapittel 8. Bind 9 i J. Brown (hovedredaktør), *Studies in the history of civil engineering*. London: Routledge.

Miller, G. (2006). Union Chain Bridge: linking engineering. I *Proceeding of ICE Civil Engineering*, 1 59 May 2006. Pages 88–95.

Miller, G. (2017). *Samuel Brown and Union Chain Bridge*. Berwick-upon-Tweed: The Friends of the Union Chain Bridge.

Mykleby, A. (2013). Henrik Arnold Thaulow D'aubert. I *Norsk kunstnerleksikon*.

Navier, C.L.M.H. (1823). *Rapport a Monsieur Beccquey, Conseiller d'État, Directeur Général des*

Ponts et Chaussées et des Mines; et Mémoire sur les Ponts Suspendus; Deuxième Édition, Augmentée d'une Notice sur le Pont des Invalides. Paris: De l'imprimerie royale.

Paxton, R. (1977). Menai Bridge (1818–1826) and its influence on Suspension Bridge Development. I *Transactions of the Newcomen Society*. Vol. 1, Iss. 1. Published online 2014.

Paxton, R. og Shipway, J. (2007). Kalemouth suspension bridge. I *Civil engineering Heritage: Scotland – Lowlands and Borders*. London: Thomas Telford.

Picon, A. (1997). Navier and the Introduction of Suspension Bridges in France. I R.J.M. Sutherland (red.). *Structural iron 1750-1850*. Kapittel 10. Bind 9 i J. Brown (hovedredaktør), *Studies in the history of civil engineering*. London: Routledge.

Rumford, B. T. (1797). Experiments to determine the Force of Fired Gunpowder. I *Proceedings of the Royal Society of London, Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (1776–1886).

Sayenga, D. (2008). James Finley. I *Structure magazine*. (s. 69–70). USA: National Council of Structural Engineers Associations (NCSEA) etc.

Schiøtz, J. (1919). *Den militære høiskoles historie 1817–1917*. Kristiania: utgitt ved offentlig foranstaltning.

Seland, H. (2011). Om veimester Johnson og Vestlandske hovedvei. I G. Paulsrud & B. Hole (Red.). *Årbok for Norsk veimuseum 2013* (s. 23–56). Lillehammer/Oslo: Statens vegvesen.

Seland, H. (2016). Garben, Johnson og Bergh og de første norske hengebruene. I J. Bakke m. fl. (Red.). *WIWAR*. Hefte 80. Rakkestad: Østfold historielag.

Smith, D. (2016). The use of models in nineteenth-century British suspension bridge design. I W. Addis (red.) *Structural and civil engineering design*. Bind 12. Kapitel 4. London: Routledge.

Stevenson, R. (1821). Description of Bridges of Suspension. I *The Edinburgh Philosophical Journal*. Volume 5. Edinburgh: Eget forlag.

Thomson, M.S. (2015). Wellington's engineers. *Military Engineering on the Peninsular War 1808–1814*.

Barnsley: Pen and Sword Military.

Turner, S. (1800). *An Account of an Embassy to the Court of the Teshoo Lama in Tibet*. London: Bulmer.

NOTER

1: Kemp (1997: 125–150). Miller (2017 ibid).

2: RAb (Johnson, G.D.B. (1843-01-04): Brev til Justisdpt).

3: RAb (Bergh, C.V. (1842-07-19): Brev til Justisdpt).

4: Seland (2011: 23–56).

5: Turner (1800). Kemp (1997: 125–150). Thomson (2015: 45).

6: Finley (1810: 441–453). *Encyclopedia* (1798). Kemp (1997: 125–180).

7: Sayenga (2008: 69,70).

8: Dupin (1825: 369–386). Drewry (1832: 13–14).

9: Day (1997: 285–287).

10: Day (2002: 85–88). Miller (2017: 29, 43–44).

11: Gilbert (1821). Drewry (1832: 46–66). Burton (1999: kapittel 12). Smith (2016). Paxton (1977: 87).

12: Navier (1823).

13: Stevenson (1821). Miller (2006: 88–95)

14: Hængbroer (1828: 295–304, 373–379). Hængbroer (1829: 73–83, 89–96).

15: Garben (1842). RAb (Johnson, G.D.B. (1843-01-04): Brev til Justisdpt)

16: Johnson (1839: §§ 90, 91). Dupin (1825). Paxton og Shipway (2007).

17: RAb (Johnson, G.D.B. (1841-05-06): Brev til Justisdpt). Hængbroer (1828: 295–304, 373–379). Hængbroer (1829: 73–83, 89–96). Se note 12.

18: RAd (Justisdepartementet (1841-04-07): Brev til Ingenieurbrigaden).

19: RAb (Justisdepartementet (1842-03-27): Brev til Ingenieurbrigaden). RAb (Ingenieurbrigaden (1842-04-22): Brev til Justisdpt).

RAb (Justisdpt. (1842-04-26): Brev til Amtmanden i L&M Amt.

20: RAb (Johnson, G.D.B. (1841-05-06): Brev til Justisdpt).

21: Daintith (2008: 658, 659). Rumford (1797: 256).

22: RAb (Min Virken og Andres Virken): Mechanicus var i praksis teknisk sjef ved jernverket.

23: RAa (Optegnelser og Uddrag af mine Dagbøger).

24: RAf (Justisdpt. (1841-03-18): Brev til Stiftamtmanden i L&M Amt).

25: RAb (Bergh, C.V. (1844-11-15): Brev til Justisdpt).

26: RAb (Bergh, C.V. (1842-07-19): Brev til Justisdpt). Bjerkek (2013).

27: Garben (1842). Picon (1997: 211-224). Seland (2016: 29–35).

28: RAb (Bergh, C.V. (1844-11-15): Brev til Justisdpt).

29: RAb (Sorenskriveren i Flekkefjord (1842-08-12): Skjønn).

30: RA4b (Bergh, C.V. (1842-07-19): Brev til Justisdpt): Artikkelens hovedtittel er hentet fra Berghs notat.

31: RAb (Bergh, C.V. (1844-11-15): Brev til Justisdpt).

32: RAb (Bergh, C.V. (1842-07-19): Brev til Justisdpt). Næs Jernverksmuseum (Aall & Søn (1843-06-28): Brev til Dahl og Thompson). (Aall & Søn (1843-07-24): Brev til G.D.B. Johnson).

33: Barlow (1826: 261–270).

34: Mykleby (2013).

35: RAb (Garben, B.N. (1842-10-10): Brev til Justisdpt). RAb (Aubert. H.A.T. (1842-10-29): Brev til Justisdpt).

36: RAa (Indholds Fortegnelse – Mit Levnetsløb).

37: RAb (Johnson, G.D.B. (1843-01-04): Brev til Justisdpt)

38: Barlow (1826: 261–270). RA55.

39: RAb (Johnson, G.D.B. (1843-01-04): Brev til Justisdpt)

40: RAb (Ingenieurbrigaden (1843-02-24): Brev til Justisdpt)

41: RAb (Johnson, G.D.B. (1843-03-14): Brev til Justisdpt). RAb (Johnson, G.D.B. (1843-03-28): Brev til Justisdpt.)

42: RAb (Hansteen, C. (1843-04-26): Brev til Justisdpt).

43: RAb (Bergh, C.V. (1843-04-24): Brev til Justisdpt).

44: RAc (Justisdpt. (1843-05-11): Brev til amtmanden i L&M Amt). RAc (Justisdpt. (1843-05-15): Brev til C.V. Bergh).

45: RAa (Optegnelser og Uddrag af mine Dagbøger). RAa (Oversigt over foranførte mit Levnetsløb). Hosar (2000: 88, 89).

46: RAa (Indholds Fortegnelse – Mit Levnetsløb). RAa (Noget om min Udenlandsreise Aaret 1838). RAa (Min Reise til Udlandet Sommeren 1838). Hosar (2000: 89).

47: Johnson (1839: §§ 8, 14, 36, 69). RAa (Noget om min Udenlandsreise Aaret 1838).

48: Schiøtz (1919: 57).

49: Hosar (2000: 124, 125).

50: RAe (Løytnant Peters samli)

51: Keilhau (1931: 96).

52: RAb (Bergh, C.V. (1843-04-24): Brev til Justisdpt).

53: Keilhau (1931: 96).

54: Bjerkek (2013).

55: Day (1997: 181–210). Paxton og Shipway (2007). Seland (2011: 43–49).

56: RAb (Sibbern, F. H. A. og Garben, B. N. (1844-10-22): Brev til Justisdpt).

57: RAa (Optegnelser og Uddrag af mine Dagbøger).

58: RAa (Oversigt over foranførte mit Levnetsløb).