

Tunnelmasser brukt som tilslag i betong – erfaringer fra Sveits



**Peter Guntli, Sieber Cassina +
Handke AG**
Cédric Thalmann, B + G AG

Annina Margreth
Seksjon for samfunnsgeologi NGU
(tidligere S-C + H AG Chur, Sveits)

Innhold

- **Historisk tunnelbygging og bruk av tunnelmasser**
- **Lovverk og retningslinjer**
- **Knust stein som tilslagsmateriale**
 - Sprengte masser
 - TBM masser
- **Utfordringer og muligheter**
 - Dokumentasjon
 - Kontraktsform
 - Økonomi, økologi og informasjon
- **Situasjon i Norge**



Litt historie

- 1707 først tunnel bygd
- 1850 – 1900 jernbanenett (1872 – 1880 Gotthard jernbanetunnel)
- 1900 – 1950 (?) militæriske anlegg
- 1900 – 1960 vannkraft
- 1960 – 2022 veinett (1970 – 1980 Gotthard veitunnel)
- 1990 – 2000 nye jernbanetunneler (Vereina)
- 1995 – 2020 nye alpetransversale (NEAT)



Gotthard-Jernbanetunnel, ca. 1875
Schweizerisches Nationalmuseum



Lötschberg-tunnel, 1912

NORGES GEOLOGISKE UND
- NGU -

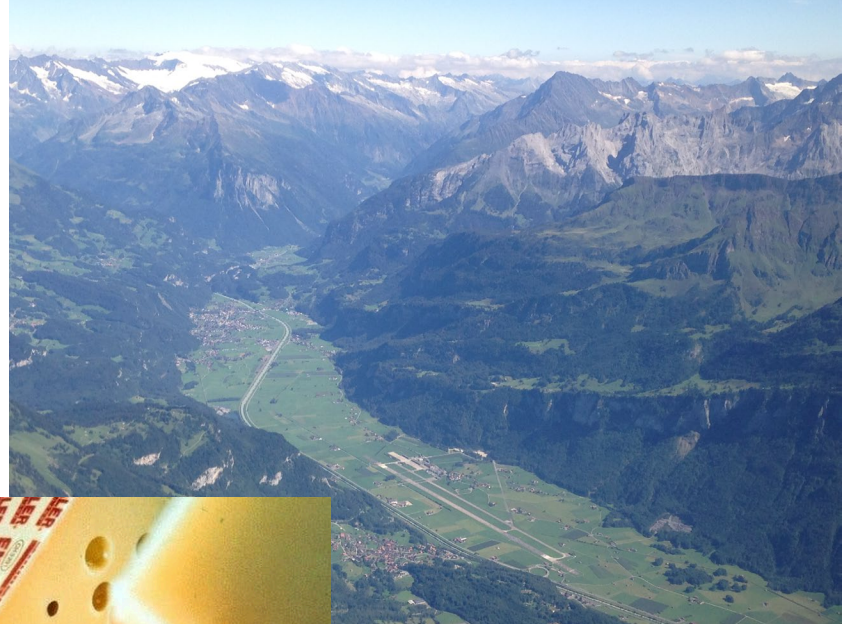


NEAT = Neue Eisenbahn
Alpentransversale

Underjordiske bygninger

Bok « Die Schweiz unter Tag »
Jost auf der Maur, 2017

- Jernbane- og veitunneler (1238 km)
 - Vannkraftutbygging (803 km)
 - Forsvar (~1450 km)
 - Gruver (300 km)
 - Forskning (50 km)
- **Totale lengde ~ 3750 km**



RhB, verdensrekord lengst persontog, 1906 m, 29. Oktober 2022



Keystone



Bruk av tunnelmasser

- 1960-tallet fyllmasse på byggeplass (vannkraft)
 - 1980-tallet veifundament (ubunden bruk 0/16, 0/22, 0/45; Kiessand II, SN 670 119-NA)
 - 1990-tallet tilslag i betong: først sprengte masser (f.eks. Kerenzberg, Crapteig), senere også TBM masser (Vereina Nord, Cleuson-Dixence)
- NEAT: store mengder tunnelmasser, mest tatt ut med TBM

Lötschbergbasistunnel (35 km, ca 16 mill tonn)

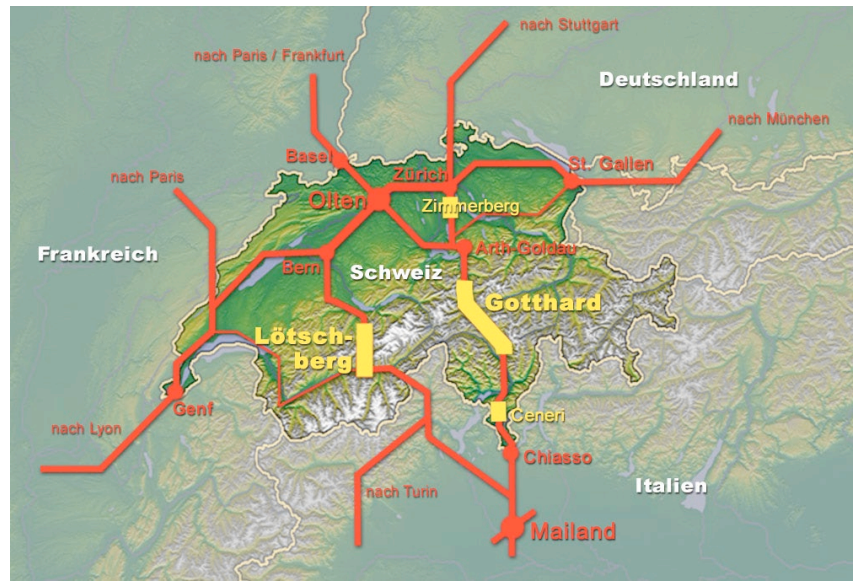
Gotthardbasistunnel (57 km, ca 25 mill tonn)

↔ stor behov for byggeråstoffer

→ bruk tunnelmasser som byggeråstoff !

- ✓ Mindre miljøbelastning pga mindre transportbehov
- ✓ Bevaring av naturlige ressurser
- ✓ Mindre kostnader

→ betongtester med forventet tunnelmaterialet som tilslag (*Beton-Vorversuche*)





Lovverk og retningslinjer

- Tunnelmasser er lovmessig avfall (USG Art.7-6).
- Forurensere (*Verursacher*) har ansvar for deponering (*Entsorgung*) (USG Art.7-6bis)
- Utnyttingsplikt (*Verwertungspflicht*) (USG Art. 30d)

➤ Byggherre har i hvert fall plikt til å undersøke mulighet til å utnytte tunnelmasser

→ Massehåndteringsplan (*Materialbewirtschaftungskonzept*)

- Kartlegging av type, mengde og kvalitet av avfall
- Estimering deponivolum og areal for mellomlagring
- Avklaring kostnader (for ulike konsepter) og utarbeiding kontrollplan

→ utarbeides tidlig i planprosess (før utlysning av konkurransegrunnlag)

➤ SIA 199 - Erfassen des Gebirges im Untertagbau (SN 531 199)

- Beskrivelse av geologiske, hydrogeologiske og geotekniske forhold (med økende detaljeringsgrad jo lenger en har kommet i planprosessen)
- Utredding mulighet for bruk av tunnelmasser (*Beurteilung Ausbruchmaterial*)

→ enhetlige soner (*Homogenbereiche*) med omtrent de samme geologiske og byggetekniske egenskaper

Mest vesentlige lovverk:
VVEA – Abfallverordnung
USG - Umweltschutzgesetz

sia

SIA 199:2015 Bauwesen

Schweizer Norm
Norme Suisse
Norma Svizzera

531 199

Ersatz Empfehlung SIA 199:1998

Etude du massif encaissant pour les travaux souterrains

Erfassen des Gebirges im Untertagbau

Referenznummer
SN 531199:2015 de

Gültig ab: 2015-11-01

Herausgeber
Schweizerischer Ingenieur-
und Architektenverein

Postfach, CH-8027 Zürich

Anzahl Seiten: 36

Copyright © 2015 by SIA Zürich

Preisgruppe: 28

199

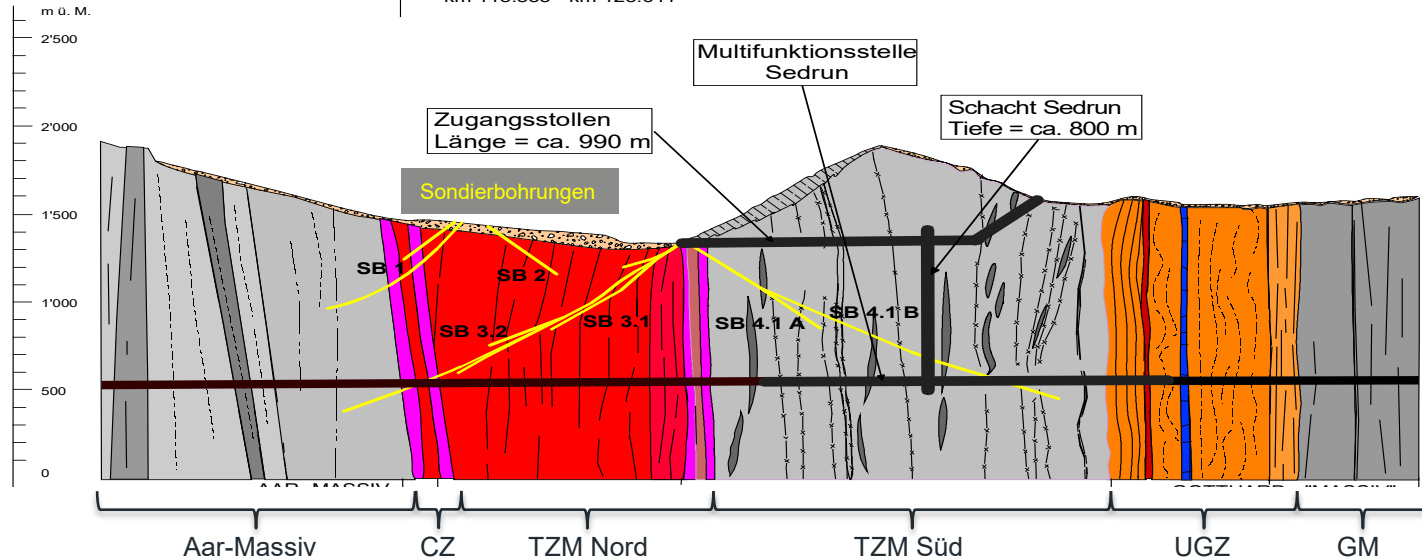


GBT: Prognose av lithologiske soner og inndeling i homogene områder

N

TEILABSCHNITT AMSTEG

TEILABSCHNITT SEDRUN
km 118.855 - km 125.641

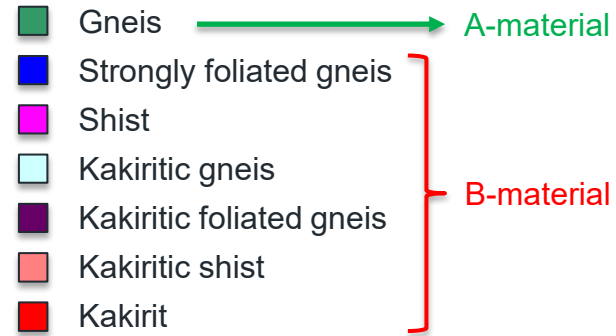
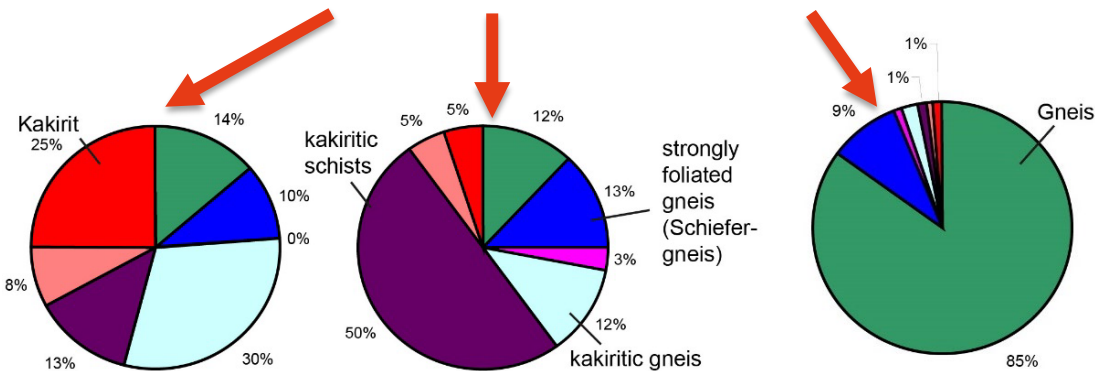


Eksempel fra tunnelseksjon Sedrun (nordlige del)

CZ = Claveniev-Zone
 TZM = Tavetscher Zwischenmassiv
 UGZ = Urseren-Garvera-Zone
 GM = Gotthard Massiv

A-material = egnet som tilslagsmaterial

B-material = uegnet som tilslagsmaterial



Knust materiale som tilslag

1990 betongnorm basert på bruk av sand og grus som tilslag, men mulighet for å teste ulike betongblandinger (*Beton-Vorversuche*) → **bekreftede at tunnelmasser kan foredles til betongtilslag av høy kvalitet** i laboratoriet og storskala testanlegg på byggeplasser (*Nachweis erbringen*)

→ betong laget med knust materiale har andre egenskaper enn betong laget med sand og grus:

- Høyre andel glimmer i sandfraksjon → høyre sement-innhold (5 - 20%)
- Potensial for AAR → krav for flere analyser (AFNOR P18-588)
- Høyre porøsitet (*Hohlraumgehalt*) → likt styrke, men laver E-modul (fordel)

Testing av analysemetoder for både råmateriale og prosessert tilslagsmateriale

→ fastlege krav

Hvorfor point load og LCPC test for råmateriale?

- Enkelt å gjennomføre på byggeplass
- Raske resultater
- «håndterbare» mengde material



Point load
(ISRM 1985)



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
- NGU -

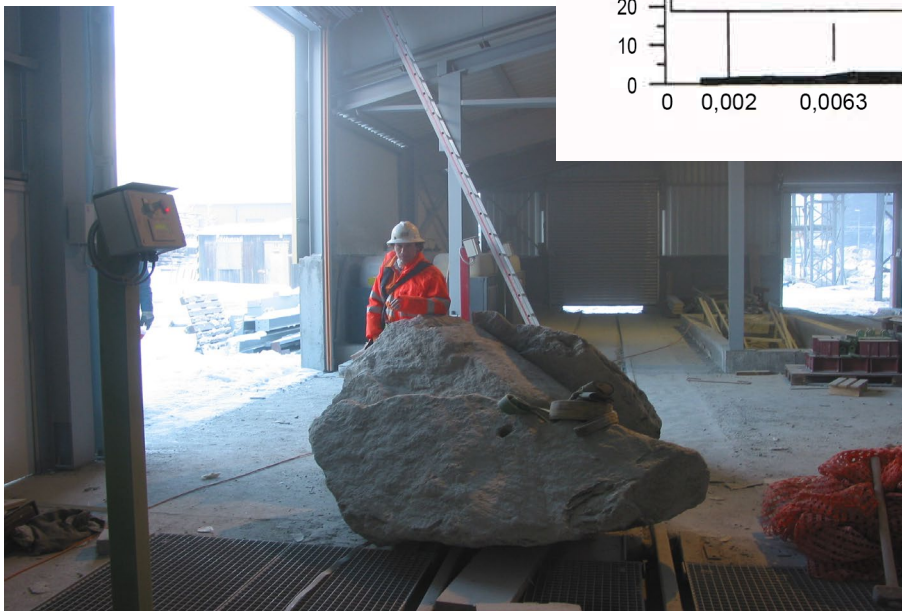
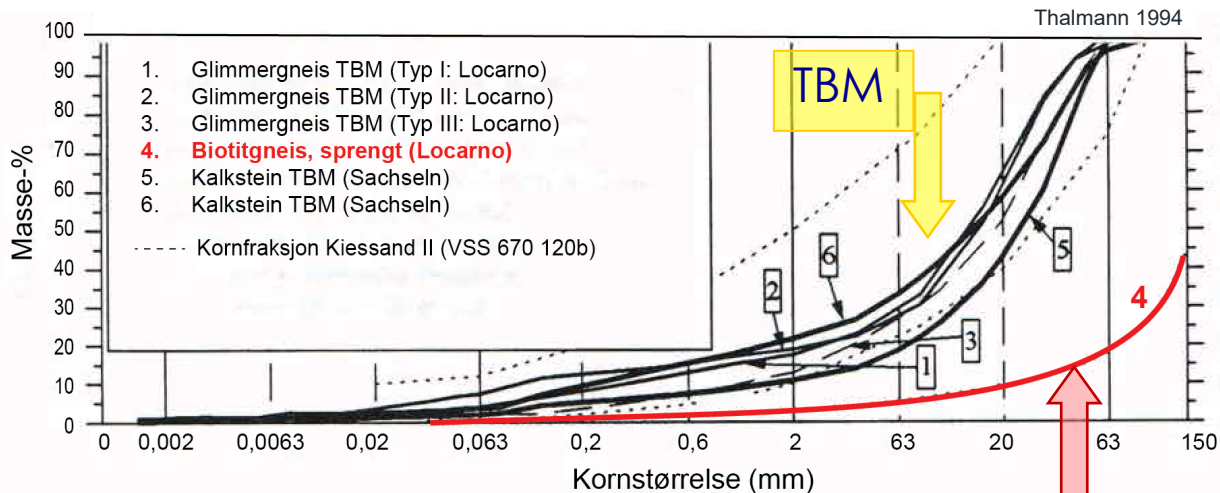
LCPC
(AFNOR P18-579)





Sprengt masser vs. TBM masser

- Sandig-grusig material
- Transport med transportbånd fra stoff
- For mye sand og fin grus ↔ for lite grov grus
- Kornform (Chips)



Sprengning

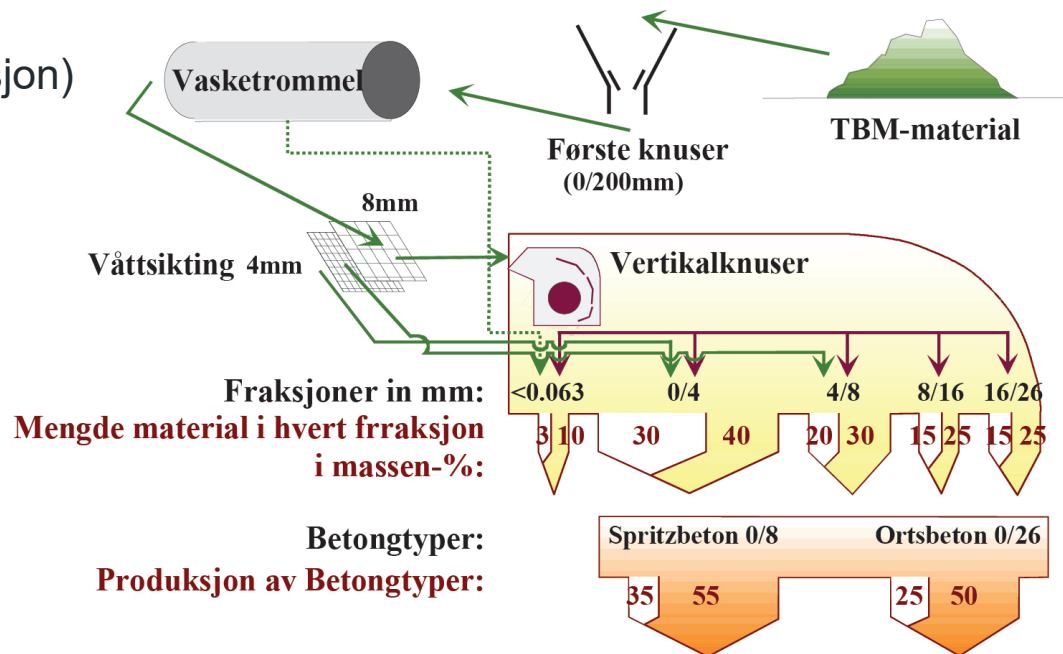
- Stor andel grov grus, stein og blokker
- Knusing nødvendig før transport fra stoff og i prosessering
- Sortering av store blokker (> 800 mm)
→ prosessering som i pukkverk



TBM-masser

- Større avstand skjærdisker (*Schneiderollenabstand*)
→ større steinchips (nok i 0/32 fraksjon)
 - Høy andel finstoff → vasking
 - God gradering og kornform < 8 mm
→ sikting før knusing, brukt direkte som tilslagsmateriale
 - Skånsom knusing > 8 mm
- 60 – 80% av TBM-massene kan utnyttes som betongtilslag

Prosesseringsskjema og materialstrøm for TBM-masser.
Angitt er minimum- og maksimumsverdier av 10 forskjellige prosesseringstester.



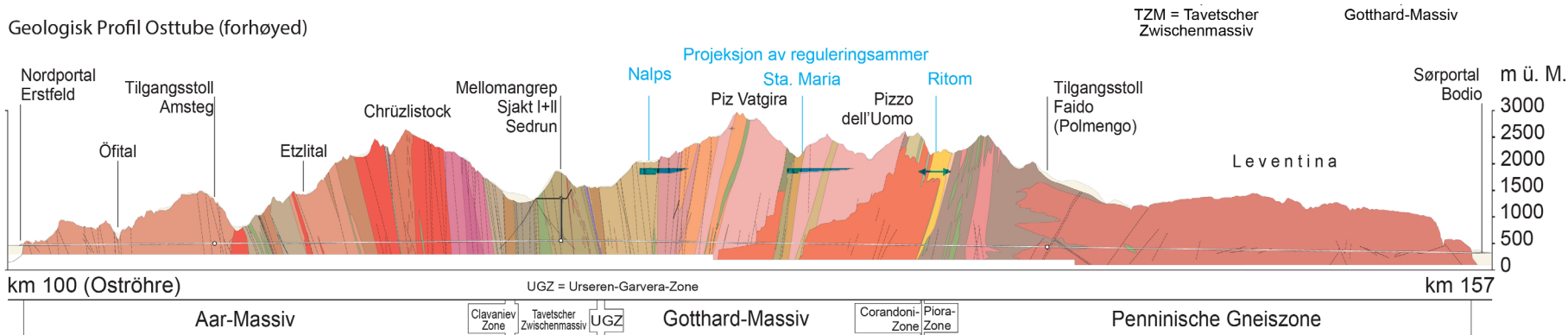
Utnyttelsesgrad TBM-material:

60-80%



Gotthard-Basistunnel – andel brukte tunnelmasser

Geologisk Profil Osttube (forhøyet)



Anfall av overskuddsmasser per byggeplass

Erstfeld 3.1 Mio t	Amsteg 5.3 Mio t	Sedrun 6.5 Mio t	Faido 3.3 Mio t	Bodio 10.5 Mio t
--------------------	------------------	------------------	-----------------	------------------

95 %

72 %

56 %

60 %

79 %

Erstfelder Gneise 95%

Granit und Granitgneis i.A.	85 – 100 %
Altkrystalline Gneise und Migmatite	30 – 100 %
Tscharren-Gruppe	85%
Schiefriges Altkrystallin, überprägtes Altkrystallin	<20%

Tavetscher Zwischenmassiv Nord, Claveniev-Zone, Urseren-Garvera-Zone	0%
Paragneise, i.A.	60 -
Streifengneise (s.l.)	80%
Streifengneise (s.str.)	90 - 100%

Streifengneise (s.str.)	90%
Medelser Granit	95%
Tenelin-Zone, Borel-Zone	0%
Lucomagno-Gneise	0%

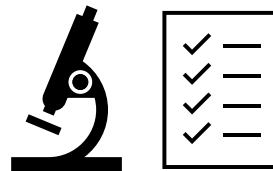
Lucomagno-Gneise	85%
Leventina-Gneise	70-95%

Andel brukte TM

Andel brukte TM per lithologisk enhet

Utfordringer og muligheter

- Dokumentasjon: kontroll- og testsystem
→ testplan og krav for råmateriale og prosessert tilslag
- Kontraktsform: avklaring ansvar mellom byggherre og entreprenør
→ beste massehåndteringsplan ubrukelig hvis den ikke blir implementert !
- Økonomi, økologi og informasjon (f.eks. besøksenter)
 - Mindre kostnader for deponering av tunnelmasser og utvinning av primære ressurser (til tross av høyere kostnader for betongproduksjon)
 - Prosesseringsanlegg nært byggeplass → korte transportavstander og miljøvennlig transport på transportbånd (mindre CO₂ utslipp) → kortreis stein!
 - Velvilje og godkjennelse i befolkningen (synlig del av tunnelbygging)





Kontraksform

Eksempel GBT
klare grensesnitt
mellom entreprenør
og byggherre

→ lukket materialstrøm



Prosesseringsanlegg



Byggherrens barn





Informasjon – materialhåndtering synlig del av tunnelbygging

Informasjonssenter
som turistmagnet

Byggeplass Sedrun (1450 m o.h.)



Situasjon i Norge

- Kortreist stein prosjekt
- Tverrsektorielt rapport
- Bærum ressursbank
- IPN sirkulær masseforvaltning (Feiring Bruk, Sintef, NGU)
- Regionale og kommunale planer for masseforvaltning
- NOU 2022: 8 Ny minerallov
- ...

.... Men det lykkes ikke helt...

Et lite mineral Korn kan skape store problemer i betong!

Kurt Aasly Med Flere 28. Mai 2020

VITEN I en by i provinsen Quebec i Canada har et byggefelt fått kjenne effekten av noen små mineralkorns evne til å bokstavelig talt ryste grunnmuren. Her hjemme har faren for at det samme skal skje kostet utbyggeren av en jernbanetunnel hundretalls millioner kroner.



KORTREIST
STEIN



English Publisering

FEIRING



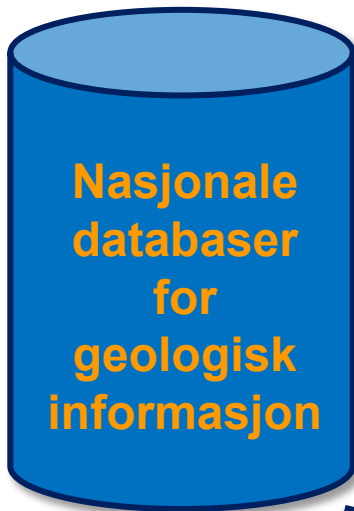
NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
- NGU -



NGU data og databaser

Informasjon for tidlig vurdering av kvalitet av bergartene langs traséen

Nasjonal hub for all geologisk informasjon?



- Geofysikk database
- Berggrunns database
- Løsmasse database
- Grus og pukk database
- Steintippdatabase
-

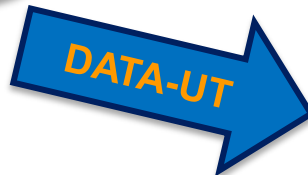
Data leveranse

- NGU
- andre statlige etater (SVV, Bane NOR, NVE)
- kommuner
- private konsulenter
- universiteter



Registrasjon

NADAG, Brønn-Reg, Geof-Reg



Visualisering og nedlasting

Brukere

- NGU
- SVV, Bane NOR (byggeprosjekter)
- NVE (kartlegging geofarer)
- private aktører (mineralprospekt., konsulenttjeneste)
- kommuner
- universiteter (forskning)



TAKK FOR OPPMERKSOMHETEN!



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
- NGU -