

# KRAVSPECIFIKATION

---

## VIDENBANK

### ANVENDELSE AF HOFORS VIDENBANK

Rev.	Revisionsdato	Emne (ændring)
0	24-04-2023	Første udgave

# KRAVSPECIFIKATION

---

## Indhold

Bilag.....	3
1. Indhold og anvendelse.....	4
1.1 Gyldighedsområde.....	4
2. Lagring af data.....	6
2.1 Lagring af data i GeoGIS .....	6
2.2 Lagring af data i andre filformater .....	7
2.3 Lagring af monitoringsdata.....	7
3. Autogenerering af data i GeoGIS .....	8
3.1 HOFOR lagserie og jordtype.....	8
3.2 Vejledende vægtprocent og volumenprocent af sten og blokke .....	9
3.3 Prøvekategori og kvalitet .....	9
3.4 Vurdering af genindbygningsegnethed.....	10
4. Visualisering af data.....	10
4.1 Visualisering af data i GeoAtlas Live.....	10
4.2 Visualisering af geotekniske data i Power BI.....	10
4.3 Visualisering af miljødata i Power BI .....	12
5. Databehandling.....	12
6. Opdatering af faktuelle rapporter.....	13
7. Procedure for deling af data.....	13
8. Referencer .....	14
8.1 Når kornkurve er kendt: Kornkurvemetoden.....	34
8.2 Når kornkurve ikke er kendt: Dgf Bulletin 1 .....	35
8.3 Øvre og nedre kornkurver .....	36
8.4 Øvre og nedre idealiserede kornkurver .....	38
8.5 Centrale idealiserede kornkurver .....	40
8.6 W% sten og blokke på basis af idealiserede kornkurver .....	41

# KRAVSPECIFIKATION

---

## Bilag

A Registrering af data i nye inddata felter i GeoGIS

B Inddeling af jordlag i lagserien "HOFOR"

C Autogenerering af vejledende vægtprocent af sten og blokke i GeoGIS

# KRAVSPECIFIKATION

---

## 1. Indhold og anvendelse

Denne kravspecifikation skal anvendes i forbindelse med afrapportering og arkivering af geotekniske, hydrogeologiske og miljøtekniske undersøgelser for HOFORs projekter. Kravspecifikationen sikrer, at data fra grundundersøgelser indsamles og lagres på en konsekvent måde velegnet til visualisering, databehandling og deling på tværs af projekter.

HOFOR anvender en GeoGIS2020 database i Access format til at lagre data. Databasen betegnes HOFORs Videnbank. I denne kravspecifikation angives det, hvordan databasen skal tilgås og opdateres. Desuden beskrives de funktionaliteter, der er indbygget i databasen.

Krav til udførelse af geotekniske og hydrogeologiske undersøgelser er beskrevet i JOR 101. Minimumskrav til undersøgelsesomfang for typiske konstruktioner er angivet i JOR 102.

Formålet med Videnbanken er at sikre, at data fra geotekniske og hydrogeologiske undersøgelser gemmes på en konsekvent måde, så relevant information kan genfindes og genbruges på efterfølgende projekter. Databasen indeholder geologiske/geotekniske/hydrogeologiske data fra HOFORs og i nogle tilfælde NOVAFOS' projekter, og skal løbende opdateres med de seneste kvalitetssikrede data.

Videnbanken, med tilhørende forespørgsler og Power BI rapporter, kan levere automatiserede udtræk af jordtyper såvel som geologiske, hydrogeologiske og geotekniske data. Data kan kombineres på tværs af forsøgstype, ligesom der kan etableres datasøgninger indenfor geografiske områder, geologiske lag eller jordtyper. Videnbanken kan benyttes til projektspecifikke dataudtræk på basis af kombinationen af geologiske lag, jordtyper, klassifikations-, avancerede og in-situ data.

Endelig kan Videnbanken beregne vejledende vægtprocenter og volumenprocenter af sten og blokke for jordtyperne i hvert enkelt lag hørende til HOFORs lagserie. Beregningerne baseres som udgangspunkt på vejledende øvre og nedre grænser for indhold af ler, silt, sand og grus givet i (Galsgaard, et al., 2021) og heraf idealiserede kornkurver for de forskellige jordtyper. Såfremt der er kornkurvedata til rådighed, vil beregningen af vejledende værdier for sten og blokke dog baseres direkte på disse data. Metode for beregning af vejledende indhold af sten og blokke er indbygget i programmet GeoGIS2020 (GeoGIS).

### 1.1 Gyldighedsområde

HOFOR stiller Videnbanken til rådighed for *projekterende* og *udførende* på HOFORs anlægsprojekter, hvor information om geologi, hydrogeologi og geoteknik er relevant.

Ved den *projekterende* forstås rådgivere eller entreprenører på HOFORs projekter involveret i planlægning og tolkning af geotekniske og hydrogeologiske undersøgelser. Ved *udførende* forstås entreprenører involveret i udførelse af geotekniske og hydrogeologiske undersøgelser herunder feltundersøgelser (borearbejde, pumpeforsøg, monitoring osv.) samt laboratorieforsøg.

Videnbanken kan desuden anvendes af den *projekterende* til at give input til den geotekniske undersøgelsesrapport (Geotechnical Investigation Report), den geotekniske design basis (GDB) samt den geotekniske baseline rapport (GBR).

## KRAVSPECIFIKATION

---

Det påhviler den *projekterende* såvel som den *udførende* at bistå HOFOR med indsamling, lagring, visualisering, korrelering samt deling af data. Dette gøres ved løbende at opdatere Videnbanken i forbindelse med udførelse af geotekniske og hydrogeologiske undersøgelser for HOFOR og ved at anvende Videnbanken ved udarbejdelse af relevante geotekniske og hydrogeologiske rapporter.

Kravspecifikationen er tænkt som en "Almindelig arbejdsbeskrivelse", som i det konkrete projekt kan suppleres og eventuelt fraviges. Dette sker i projekt- eller udbudsmaterialet, herunder SAB.

# KRAVSPECIFIKATION

---

## 2. Lagring af data

Jordbundsundersøgelser til anlægsarbejde skal udføres i henhold til JOR 101. I denne kravspecifikation angives det, hvordan indsamlet data skal registreres og gemmes, så den viden kan nyttiggøres på tværs af projekter.

### 2.1 Lagring af data i GeoGIS

Ved udførelse af geotekniske og hydrogeologiske undersøgelser for HOFOR skal den *udførende*, hvor det er relevant, angive følgende data i GeoGIS:

- Sags ID
  - Firma boreentreprenør (den *udførende*)
  - Firma (geologisk bedømmelse og optegning af boreprofiler)
- Borings ID
  - Boringsnummer
  - Boringskoordinater og kote (x,y,z). Krav til koordinatsystem og højdesystem er angivet i JOR 101.
  - Boringstype
  - Slutdato
  - Entreprenør
  - Geofirma, geolog, udført, kontrolleret og godkendt
- Prøvedata
  - Prøvenummer
  - Prøvetype
  - Prøvedybde under terræn og længdeinterval for intakte prøver samt store poseprøver
  - Kerneprocent og RQD for kerneprøver
  - Prøvetagningskategori og -kvalitet
  - Prøvebeskrivelse, alder og aflejringsmiljø
- Feltdata
  - Laggrænser identificeret i felten
  - Resultater af feltforsøg såsom vingeforsøg, SPT, CPT osv.
  - T og S værdier fra prøvepumpninger (metodik for dette er ikke fastlagt endnu)
  - Værktøjer brugt under borearbejde samt oplysninger om borehastighed og stenindhold
  - Tilbagefyld
- Laboratoriedata
  - Resultater af klassifikationsforsøg
  - Grad af hærdning og opsprækning i kalk
  - Mineralogi bestemt på korn større end 16 mm fra sigterester
  - Abrasivitet, typisk målt ved CAI, LCPC, SAT
  - Udsyring af kalkprøver for bestemmelse af % "ikke kalk"
  - Data fra triaksial- og konsolideringsforsøg (skal implementeres)
  - Data fra miljøundersøgelser såsom indhold af forurenende stoffer
- Pejldata
  - Pejlerør

# KRAVSPECIFIKATION

---

- Filtersætning
- Pejledybde
- Topkote til pejlerør
- Pejledato og -tidspunkt

GeoGIS2020 version 20.03.99 eller nyere versioner skal anvendes.

I bilag A findes en vejledning til registrering af data i GeoGIS. Vejledningen omfatter registrering af resultater af diverse slidforsøg, resultater af udsyringsforsøg samt mineralogisk bestemmelse af korn >16 mm, da registrering af disse data er indarbejdet i GeoGIS version 20.03.99.

## 2.2 Lagring af data i andre filformater

Såfremt der på et projekt haves data, der ikke er velegnede til at blive gemt i GeoGIS, kan det accepteres at data gemmes i andre formater. Dette skal i hvert enkelt tilfælde aftales med HOFOR.

Eksempler på data, der kan gemmes i andre filformater er:

- Rapporter med historiske data (pdf)
- OATV logs (WellCAD)
- Loggede tidsserier fra pumpe-tests
- Flowlogs
- Data fra geofysisk logging (LAS)
- Bathymetri-data

HOFOR stiller en Citrix-server til rådighed, hvor sådanne data kan gemmes. Adgang til HOFORs Citrix-server kræver brugernavn og password. Oprettelse af bruger ID forestås af HOFOR og skal ske gennem HOFORs projektleder på et givent projekt.

I GeoGIS skal der angives et link til dokumentmappen på Citrix-serveren, så der er en kobling mellem data gemt i GeoGIS og på Citrix-serveren.

## 2.3 Lagring af monitoringsdata

Under udførelse skal der monitoreres i det omfang det er relevant. Det krævede monitoringsomfang vil være angivet i den særlige arbejdsbeskrivelse (SAB) for et konkret projekt. Monitoringsdata, der skal indamles kan f.eks. omfatte:

- Inklinometermålinger
- Sætningsmålinger
- Vibrationsmålinger
- Grundvandsmåling i monitoringsboringer

Monitoringsdata skal kobles sammen med relevante informationer om igangværende arbejder på byggepladsen såsom udgravningsniveau foran indfatningsvægge, pumpeydelse for grundvandssænkning osv. Det påhviler den udførende at registrere alle relevante informationer sammen med monitoringsdata.

## KRAVSPECIFIKATION

---

Moniteringsdata skal gemmes i et databaseformat, der skal godkendes af HOFOR.

### 3. Autogenerering af data i GeoGIS

I GeoGIS2020 version 20.03.99 er der defineret nye felter tilpasset HOFORs Videnbank. Som en del af funktionaliteten kan GeoGIS2020 selv generere:

- Jordtype ud fra lagserien "HOFOR"
- Vejledende vægtprocent og volumenprocent (øvre og nedre grænse samt centralt estimat) af sten og blokke for hver jordtype. Resultaterne angives for stenfraktionerne 200-600 mm, 600-1000 mm, 1000-1500 mm, 1500-2500 mm og 2500-4000 mm
- Prøvekategori og -kvalitet
- Vurdering af genindbygningsegnethed (implementeres eventuelt i en senere version af GeoGIS)

GeoGIS anvender en kombination af prøvebeskrivelse (materiale og bestanddele) samt prøvebedømmelse (dannelsesmiljø og -alder) til at generere jordtype for en prøve. På sigt udvides funktionen, så GeoGIS også tager hensyn til klassifikationsforsøg ved bestemmelse af jordtype.

#### 3.1 HOFOR lagserie og jordtype

Lagene i lagserien "HOFOR" er vist Tabel 2. Hvert lag er underinddelt i en række jordtyper baseret på den ingeniørgeologiske prøvebeskrivelse. Jordtyperne, der kan indgå i lagene er beskrevet i bilag B. I GeoGIS importeres lagbeskrivelsen vist i Tabel 2 på boringsniveau fra tolket geologisk model, mens jordtype bestemmes på prøveniveau fra prøvebeskrivelser og bedømmelser.

**Tabel 2** Lagserien "HOFOR"

Lag	Lagbeskrivelse
L01	Fyld
L02	Postglaciale marine og ferskvandsaflejringer, senglaciale ler og organiske aflejringer
L03	Øvre glacielt smeltevandssand, -silt og -grus og senglaciale sand og silt
L04	Øvre moræneler, smeltevandsler, stærkt leret smeltevandssilt/morænesilt, stærkt leret morænesand
L05	Mellem glacielt smeltevandssand og -grus, stærkt sandet silt, svagt leret morænesand og morænegrus
L06	Nedre moræneler, smeltevandsler, stærkt leret silt/morænesilt, stærkt leret morænesand

Lag	Lagbeskrivelse
L10	Lellinge grønsandsler
L11	Lellinge grønsandssilt/-sand/-grus
L12	Lellinge grønsandskalk / overside af Danien kalk
L13	Øvre København kalk
L14	Mellem København kalk
L15	Nedre København kalk



## KRAVSPECIFIKATION

---

Lag	Lagbeskrivelse
L07	Nedre smeltevandssand og -grus, stærkt sandet silt, svagt leret morænesand og morænegrus
L08	Nederste moræneler og smeltevandssler, stærkt leret silt, stærkt leret morænesand (dalbund)
L09	Nederste smeltevandssand og -grus (dalbund)

Lag	Lagbeskrivelse
L16	Bryozokalk
L17	Skrivekridt

### 3.2 Vejledende vægtprocent og volumenprocent af sten og blokke

Vejledende vægtprocent og volumenprocent af sten og blokke bestemmes i GeoGIS. Metoden for bestemmelsen er baseret på kornkurvedata. Såfremt der haves kornkurvedata på et projekt, kan GeoGIS bestemme en idealiseret kornkurve og ud fra den bestemmes vejledende vægtprocent og volumenprocent for sten og blokke. Bestemmelse af vejledende vægtprocent og volumenprocent for sten og blokke foretages på jordtypeniveau. For hver kornkurve bestemmer GeoGIS en vejledende vægtprocent af sten og blokke.

Såfremt der ikke haves kornkurvedata, kan vejledende vægtprocent for sten og blokke bestemmes i GeoGIS på baggrund af prædefinerede idealiserede kornkurver for hver jordtype. Der er udviklet prædefinerede idealiserede kornkurver for både øvre- og nedreværdier samt et centralt estimat for hver jordtype. De prædefinerede kornkurver er baseret på vejledende grænser for indhold af sand, silt og ler for forskellige jordtyper som angivet i Dgf bulletin 1 (2021). På baggrund af de prædefinerede idealiserede kornkurver kan der fås en øvre- og nedreværdi samt et centralt estimat for vejledende indhold af sten og blokke for en given jordtype. En mere detaljeret beskrivelse af metoden er angivet i (COWI A/S, 2022) og i bilag C.

### 3.3 Prøvekategori og kvalitet

I GeoGIS er der defineret fire nye felter til prøvekategori og prøve kvalitet jf. EN ISO 22475-1 (Dansk Standard, 2021). Dels er der tilføjet to nye prøvetyper og dels kan det specificeres, om en intaktprøve (I) er udtaget som A eller B-rør (IA henholdsvis IB).

De to nye prøvetyper er sandspand (SS) (engelsk: bucket sample (BS)), og fræseprøve (FR) (engelsk: Milling sample (MS)), der begge har en lav kvalitet.

## KRAVSPECIFIKATION

---

### 3.4 Vurdering af genindbygningsegnethed

Vurdering af genindbygningsegnethed for eksempel ved opdeling i forskellige geotekniske jordklasser. Endnu ikke indarbejdet i GeoGIS.

## 4. Visualisering af data

Videnbanken, med tilhørende Access forespørgsler og Power BI rapporter, kan levere automatiserede udtræk af jordtyper og geologiske, hydrogeologiske og geotekniske data.

Data kan kombineres på tværs af forsøgstype, ligesom der kan etableres datasøgninger indenfor geografiske områder, indenfor geologiske lag eller jordtyper.

Videnbanken kan benyttes til projektspecifikke dataudtræk og som erfaringsdatabase på basis af kombinationen af geologiske lag, jordtyper, klassifikations-, avancerede og in-situ data.

### 4.1 Visualisering af data i GeoAtlas Live

HOFOR anvender GeoAtlas Live (GAL) til at visualisere undersøgelsesdata samt give et overblik over placeringen af undersøgelsepunkter. GAL er en webbaseret portal til visualisering af terræn- og undergrundsforhold, herunder geologiske modeller. I GAL vises den grafiske placering af HOFORs borer, og boreprofiler samt rapporter tilknyttet en borings projektnummer kan tilgås som pdf. På oversigtskortet vises også øvrige borer, tilgængelige for Geo, samt kort fra en række korttjenester. Visualiseringer i GAL viser standard boringssignatur samt status for den enkelte boring (planlagt, under udførelse, afsluttet, sløjfet).

Link mellem projektmarkeringer og projektdata visualiseres med streger (spiderweb).

Implementeringen af funktionaliteten i GAL er stadig under udførelse og foregår i dialog mellem HOFOR og Geo.

GAL tilgås fra følgende adresse:

[Geoatlas-live.dk](http://Geoatlas-live.dk)

Adgang kræver angivelse af brugernavn og password.

HOFOR kan tildele eksterne partnere adgang til HOFORs projekter i GAL. Adgang til GAL i forbindelse med et specifikt projekt aftales med HOFORs projektleder.

### 4.2 Visualisering af geotekniske data i Power BI

Data fra Videnbanken kan visualiseres i programmet Power BI Desktop. Programmet kan downloades her:

[Download Microsoft Power BI Desktop from Official Microsoft Download Center](#)

# KRAVSPECIFIKATION

Herefter vælges det ønskede sprog, og der trykkes download. Man kan vælge mellem henholdsvis en 64 bit og en 32 bit version til download. Det er vigtigt at vælge 32 bit versionen, som vist på Figur 4.1 da Videnbank Access databasen kører i 32 bit.

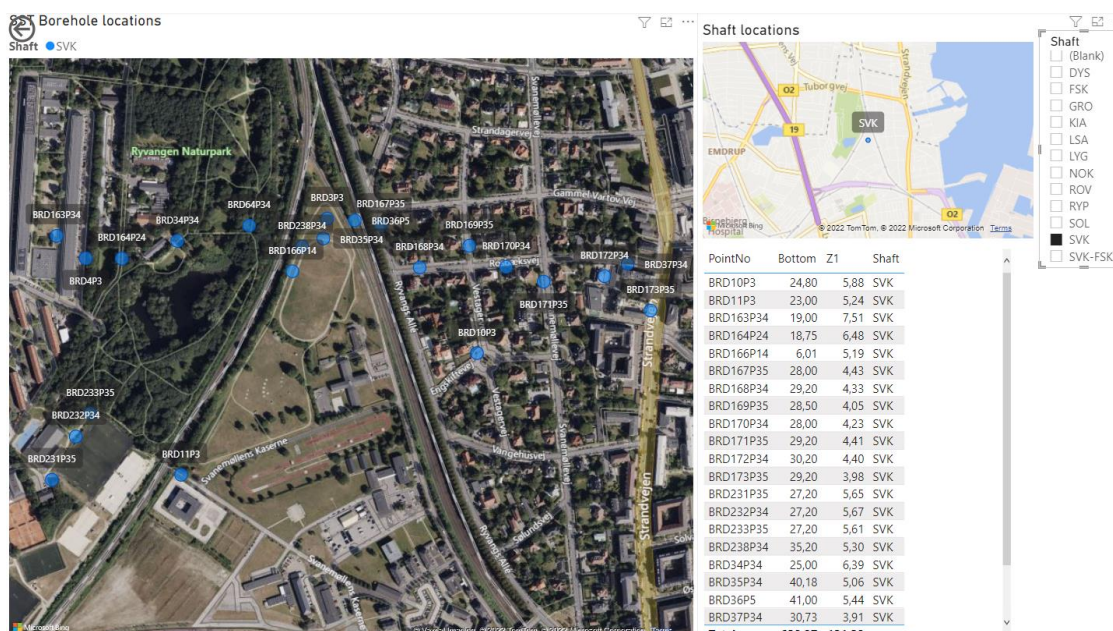
Choose the download you want

<input type="checkbox"/> File Name	Size
<input type="checkbox"/> PBIDesktopSetup_x64.exe	386.1 MB
<input checked="" type="checkbox"/> PBIDesktopSetup.exe	347.7 MB

**Figur 4.1** 32 bit versionen af Power BI skal vælges til download.

I Power BI er der sat forskellige rapporter op for geologiske og geotekniske data, herunder:

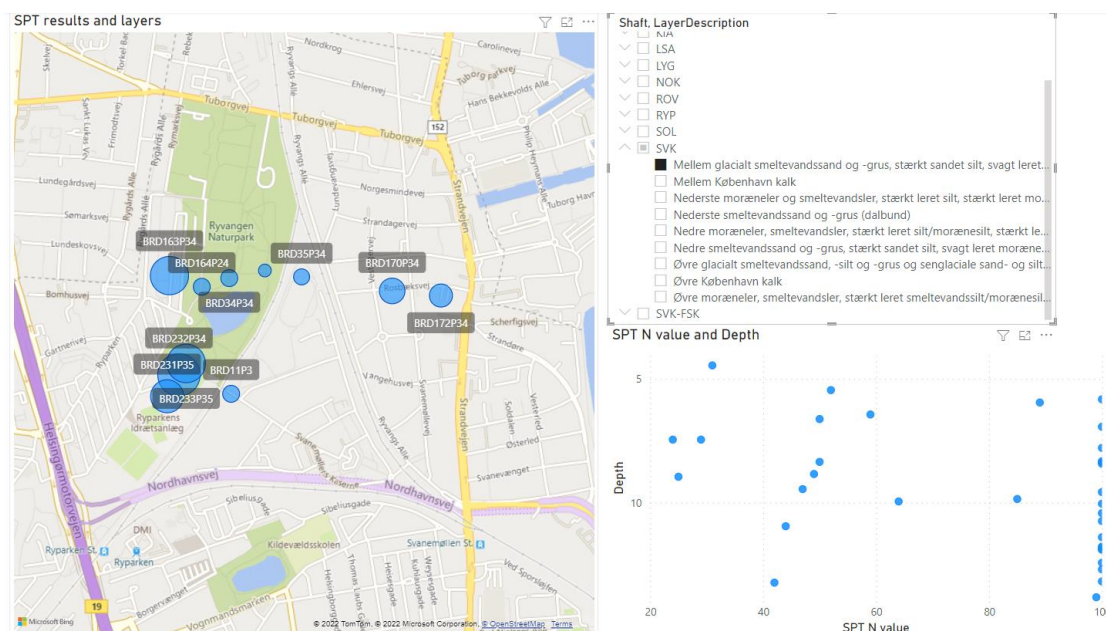
- o boringer beliggende ved bestemte lokaliteter, f.eks. skakte
- o prøvetyper i forskellige lag
- o tykkelse af lag fra den geologiske model i boringer
- o resultater af laboratorie- og feltforsøg, fordelt på boring og geologisk lag



**Figur 4.2** Power BI rapport med boringer ved skakte til SST.

Resultater af feltforsøg i de forskellige geologiske lag, herunder SPT- og vingeforsøg.

# KRAVSPECIFIKATION



Figur 4.3 Power BI rapport med SPT data fra et bestemt lag i den geologiske model ved en skakt.

Power BI rapporter kan tilpasses efter behov og gennem dialog med HOFOR. Det er som udgangspunkt HOFOR, der opsætter Power BI.

## 4.3 Visualisering af miljødata i Power BI

HOFOR har opbygget en Power BI præsentation af Miljødata. Denne kaldes Environmental Business Intelligence (EBI). EBI er en webbaseret portal til visualisering af laboratoriemåleresultater på jord og vandprøver udført i projekter for HOFOR. Der vises ligeledes en sammenligning mellem måleresultater og kravværdier for hhv. afledning til kloak og udledning til recipient.

For nuværende findes en EBI præsentation med data fra de store skybrudsprojekter.

Rådgivere og entreprenører på HOFORs projekter kan anmode om adgang til miljødata Power BI (EBI) via HOFORs projektleder på det givne projekt.

## 5. Databehandling

GeoGIS anvendes som udgangspunkt til at gemme målte dataværdier, men det er også muligt at foretage standardiserede tolkninger som eksempelvis bestemmelse af en jordtype ud fra CPT-data baseret på (Robertson, 1990) eller (Fellenius, B. H. & Eslami, A., 2000). Friktionsvinkel og udrænet forskydningsstyrke kan også beregnes ud fra CPT-data.

## KRAVSPECIFIKATION

---

På sigt ønskes denne funktionalitet udvidet med tolkning af udvalgte geotekniske parametre f.eks. friktionsvinklen for en sand bestemt ud fra SPT-data samt sandprøvens geologiske bedømmelse (kornstørrelse samt indhold af bikomponenter som silt eller grus). Tolkingsmetoder for bestemmelse af geotekniske parametre ud fra feltforsøg er angivet i JOR 103.

På sigt ønskes desuden en funktionalitet, hvor GeoGIS kan plote histogrammer over valgte data f.eks. vingestyrker i et eller flere udvalgte jordlag. På baggrund af histogrammerne skal GeoGIS kunne fitte en passende statistisk fordeling.

Databehandlingen i GeoGIS er under udvikling og vil blive udbygget på baggrund af erfaringer fra igangværende projekter i HOFOR.

## 6. Opdatering af faktuelle rapporter

Udvalgte data på tværs af HOFORs projekter er sammenfattet i en række faktuelle rapporter. Formålet med disse rapporter er at sammenfatte specifikke forsøgsresultater på tværs af HOFORs projekter. Der er udarbejdet følgende faktuelle rapporter:

- Generelt stenstudie bind 1-7 (dok. nr.: SST-T-PD-GEO-GEN-REP-013 til -019, forfatter: COWI)
- Mineralogi (dok. nr.: SST-T-PD-GEO-GEN-REP-007, forfatter: COWI)
- Abrasivitet (dok. nr.: SST-T-PD-GEO-GEN-REP-004, forfatter: COWI)
- Slake durability (dok nr.: KAL-DD-GEO-GEN-RAP-003, forfatter: Niras)
- Styrke- og deformationsegenskaber (ALAB)
- Permeabilitetsstudier (det skal drøftes, om COWIs rapport om hydraulisk konduktivitet skal angives)

De angivne rapporter kan udleveres på forespørgsel til HOFOR.

I takt med at der udføres flere projekter og undersøgelser, skal de angivne faktuelle rapporter opdateres med den opsamlede viden. HOFOR står for at iværksætte opdatering af de faktuelle rapporter.

## 7. Procedure for deling af data

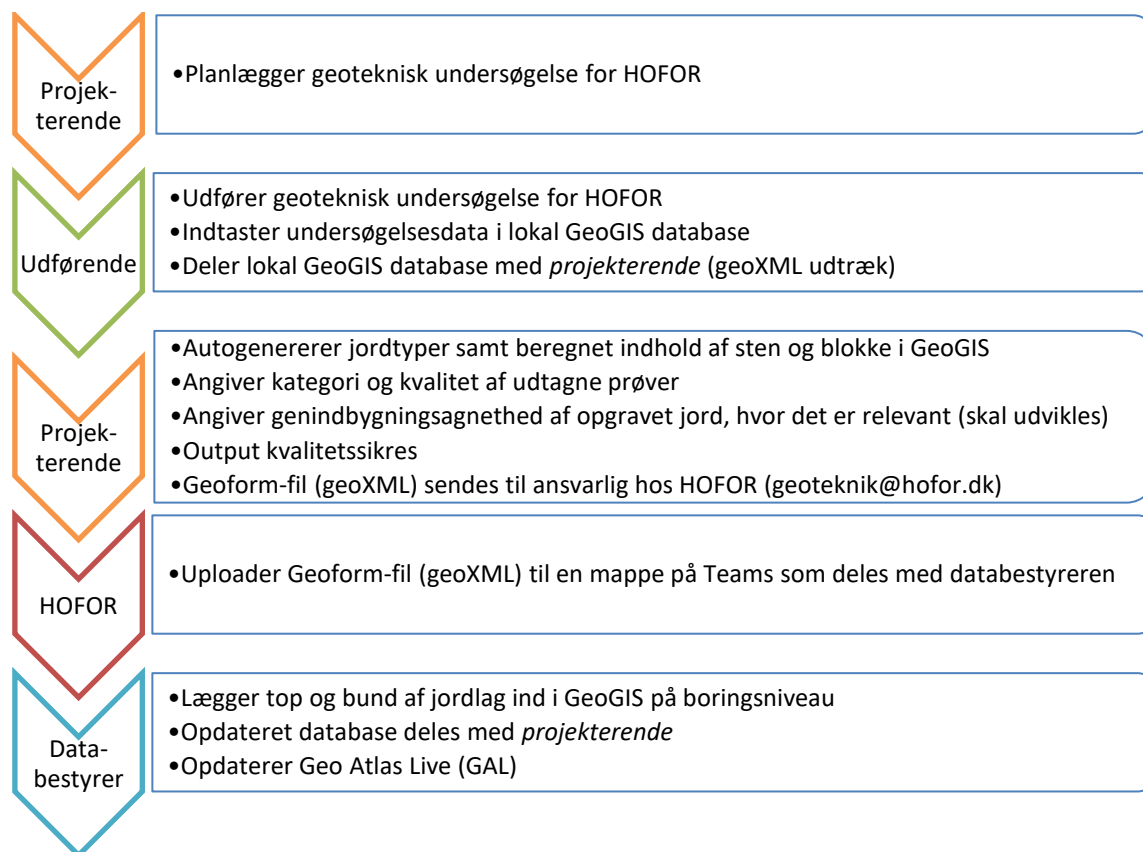
GeoGIS databasen, der udgør HOFORs Videnbank, ligger på HOFORs egen Citrix-server. Som *projekterende* er det muligt at få adgang til databasen med læserettigheder. Adgang til Citrix-server tildeles af HOFOR som angivet i afsnit 2.2.

Opdatering af databasen udføres af en databestyrer udvalgt af HOFOR. Kun databestyreren har skriverettigheder. Videnbanken skal opdateres løbende, i takt med at der udføres nye geotekniske eller hydrogeologiske undersøgelser.

Proceduren for opdatering af Videnbanken er angivet i Figur 7.1.



## KRAVSPECIFIKATION



**Figur 7.1 Procedure for opdatering af Videnbank med data fra nye geotekniske undersøgelser.**

Filformatet geoXML fra GeoGIS2020 skal anvendes til udveksling af data.

I forbindelse med opstart af et projekt oplyser HOFOR, hvem der er databestyrer samt kontaktperson. Det må påregnes, at databestyreren skal have 14 dage til at udføre arbejdet med opdatering af Videnbanken efter opdateret Geoform-fil (geoXML) er sendt til HOFOR.

Det påhviler den *projekterende* at kvalitetssikre resultater autogeneret i GeoGIS, og anvendelse af resultaterne sker på eget ansvar.

## 8. Referencer

COWI A/S, 2022. *Generelt Stenstudie, Bind 5: Sten- og blokindhold ved kornkurvemethoden, dok. nr. SST-T-PD-GEO-GEN-REP-017*, s.l.: s.n.

Dansk Standard, 2021. *EN ISO 22475-1, Geoteknisk undersøgelse og prøvning – Prøveudtagning ved borings- og udgravningsmetoder og grundvandsmålinger – Del 1: Tekniske principper for udførelse, 1. udgave*, s.l.: Dansk Standard.

Fellenius, B. H. & Eslami, A., 2000. *Soil profile interpreted from CPTu data*. Bangkok, "Year 2000 Geotechnics", p. 18.

## **KRAVSPECIFIKATION**

---

Galsgaard, J. et al., 2021. *Dgf-Bulletin 1: Vejledning i ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse, Revision 2*, s.l.: s.n.

Metroselskabet, 2009. *CW-PI-3 Geological analysis and modelling, dokument id: MCW-2-PMT-PM-Gen-REP-601, Rev. 3.0*, s.l.: s.n.

Robertson, P. K., 1990. Soil classification using the cone penetration test. *Canadian Geotechnical Journal*, 27(1), pp. 151-158.

# KRAVSPECIFIKATION

## Bilag A. Registrering af data i GeoGIS

I GeoGIS2020 version 20.03.99 er der defineret nye felter til data, der ikke tidligere har været registreret i GeoGIS2020:

- Resultater af diverse slidforsøg
- Resultater af udsyringsforsøg
- Mineralogiske bestemmelser af korn >16 mm

Herudover er der defineret nye felter med delvis autogenerering af jordtyper, prøvekategori og - kvalitet samt vejledende indhold af sten og blokke. De beregnede vægtprocenter af sten og blokke udledes som vejledende minimum værdier, centrale værdier og maksimum værdier.

Felterne i GeoGIS2020 og data, der er indarbejdet specifikt til Videnbanken, beskrives i de følgende afsnit.

## Lagserie

I GeoGIS2020 er der tilføjet lagserien "HOFOR" med tolkning H til tabellen LayerSeries som vist på Figur 8.1.

Lagserie	Beskrivelse	Aktiv?
Amsterdam	Amsterdam	<input type="checkbox"/>
Aquifer	Aquifer / Magasin	<input checked="" type="checkbox"/>
British	British	<input checked="" type="checkbox"/>
CUR 162	Reibungswinkel nach CUR 162	<input checked="" type="checkbox"/>
DIN 4094	Bodenidentifikation nach DIN 4094	<input checked="" type="checkbox"/>
Fellenius and Esl...	Fellenius, B. H., and Eslami, A.	<input checked="" type="checkbox"/>
Femern	Femern	<input checked="" type="checkbox"/>
Geotech	Geotechnical Layer Boundaries	<input checked="" type="checkbox"/>
Geotech GER	EN ISO 14688-1/ DIN 4023	<input checked="" type="checkbox"/>
GEOTEK	Geotekniske Laggrænser	<input type="checkbox"/>
German Standard	German Standard	<input checked="" type="checkbox"/>
GEUS	GEUS - Rock symbols	<input checked="" type="checkbox"/>
HOFOR - Jordtype		<input checked="" type="checkbox"/>
▶ HOFOR - Lagserie		<input checked="" type="checkbox"/>
India	Soil Classification, Indian Standard. IS: 1498-1970	<input type="checkbox"/>
København	København	<input type="checkbox"/>
Robertson - 12	Robertson - 12 Layers	<input checked="" type="checkbox"/>
Robertson - 9	Robertson - 9 Layers	<input checked="" type="checkbox"/>
Simpel DK - 1	Simpel lagserie, primært til længdesnit	<input checked="" type="checkbox"/>
Simpel DK - 2	Simpel lagserie, primært til længdesnit	<input checked="" type="checkbox"/>
Sjælland	Sjællandsmodellen	<input checked="" type="checkbox"/>
VD	Vejdirektoratet	<input checked="" type="checkbox"/>
*	<a href="#">Click here to add a new row</a>	

Figur 8.1 Lagserien "HOFOR".



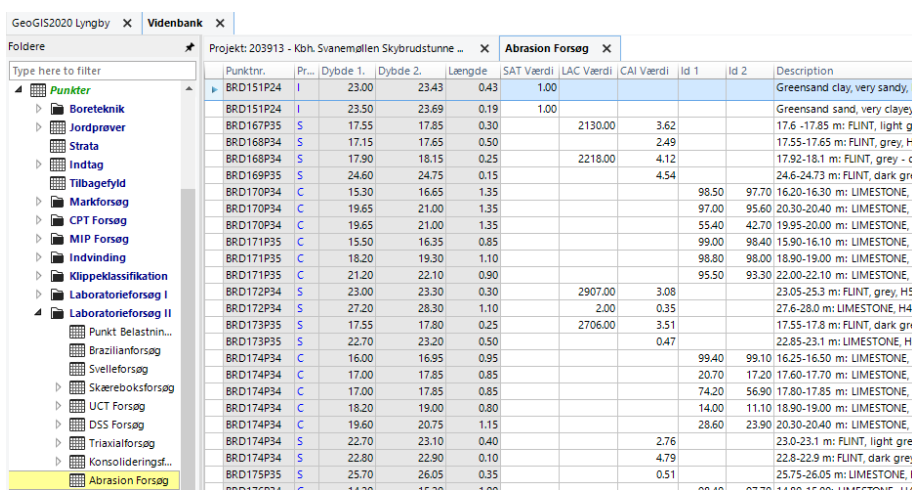
# KRAVSPECIFIKATION

## Abrasivitet og Slake durability

Resultater fra abrasivitefsforsøg og slake durability forsøg angives i GeoGIS2020 under tabellen AbrasionTests.

Der er tilføjet tre nye felter til resultater af abrasivitefsforsøg, for henholdsvis Soil Abrasion Tests (SAT), LCPC Abrasivity Coefficient (LAC) og Cerchar Abrasivity Index (CAI). Herudover er der tilføjet to nye felter til resultater af Slake durability forsøg (id 1 og id 2).

Felterne ligger i tabellen AbrasionTests, der kan tilgås i GeoGIS2020 fra Laborieforsøg II, Abrasion Forsøg, Figur 8.2.



Punktnr.	Pr...	Dybde 1.	Dybde 2.	Længde	SAT Værdi	LAC Værdi	CAI Værdi	Id 1	Id 2	Description
BRD151P24	I	23.00	23.43	0.43	1.00					Greensand clay, very sandy, f
BRD151P24	I	23.50	23.69	0.19	1.00					Greensand sand, very clayey,
BRD167P35	S	17.55	17.85	0.30		2130.00	3.62			17.6 -17.85 m: FLINT, light gr
BRD168P34	S	17.15	17.65	0.50			2.49			17.55-17.65 m: FLINT, grey, H
BRD168P34	S	17.90	18.15	0.25		2218.00	4.12			17.92-18.1 m: FLINT, grey - d
BRD169P35	S	24.60	24.75	0.15			4.54			24.6-24.73 m: FLINT, dark gre
BRD170P34	C	15.30	16.65	1.35				98.50	97.70	16.20-16.30 m: LIMESTONE, I
BRD170P34	C	19.65	21.00	1.35				97.00	95.60	20.30-20.40 m: LIMESTONE, I
BRD170P34	C	19.65	21.00	1.35				55.40	42.70	19.95-20.00 m: LIMESTONE, I
BRD171P35	C	15.50	16.35	0.85				99.00	98.40	15.90-16.10 m: LIMESTONE, I
BRD171P35	C	18.20	19.30	1.10				98.80	98.00	18.90-19.00 m: LIMESTONE, I
BRD171P35	C	21.20	22.10	0.90				95.50	93.30	22.00-22.10 m: LIMESTONE, I
BRD172P34	S	23.00	23.30	0.30	2907.00	3.08				23.05-23.3 m: FLINT, grey, H5
BRD172P34	S	27.20	28.30	1.10		2.00	0.35			27.6-28.0 m: LIMESTONE, H4
BRD173P35	S	17.55	17.80	0.25	2706.00	3.51				17.55-17.8 m: FLINT, dark gre
BRD173P35	S	22.70	23.20	0.50			0.47			22.85-23.1 m: LIMESTONE, H-
BRD174P34	C	16.00	16.95	0.95				99.40	99.10	16.25-16.50 m: LIMESTONE, I
BRD174P34	C	17.00	17.85	0.85				20.70	17.20	17.60-17.70 m: LIMESTONE, I
BRD174P34	C	17.00	17.85	0.85				74.20	56.90	17.80-17.85 m: LIMESTONE, I
BRD174P34	C	18.20	19.00	0.80				14.00	11.10	18.90-19.00 m: LIMESTONE, I
BRD174P34	C	19.60	20.75	1.15				28.60	23.90	20.30-20.40 m: LIMESTONE, I
BRD174P34	S	22.70	23.10	0.40				2.76		23.0-23.1 m: FLINT, light gre
BRD174P34	S	22.80	22.90	0.10				4.79		22.8-22.9 m: FLINT, dark grey
BRD175P35	S	25.70	26.05	0.35			0.51			25.75-26.05 m: LIMESTONE, H

Figur 8.2 Resultater af abrasivitefs- og slake durability forsøg i GeoGIS2020.

I Access er feltbetegnelserne som følger:

- SATValue (Soil abrasion test, vægttab [mg])
- LACValue (LCPC abrasivity coefficient, massetab [g/t])
- CAIValue (Cerchar Abrasivity Index (CAI) – CAI (dimensionsløs værdi, beregnet som slid på overfladen af en nål i mm ganget med 10)
- id1 (Slake durability [%])
- id2 (Slake durability [%])
- Description (Beskrivelse af prøvematerialet, litologi, hærtningsgrad).

Specielt for Slake durability forsøg bør forsøgsresultater sammenholdes med kornkurver for afvasket materiale.

## Kalkindhold ved udsyring

Til resultater af udsyringsforsøg på kalkprøver, er der oprettet 6 nye felter i GeoGIS2020, Figur 8.3.

## KRAVSPECIFIKATION

Kolonner					
Group				Description	
50	80	NAOH	NAOH	[ml]	<input type="checkbox"/>
50	81	HCL	HCL	[ml]	<input type="checkbox"/>
50	82	N1	N1		<input type="checkbox"/>
50	83	N2	N2		<input type="checkbox"/>
50	84	CL	Chlorid content	[%]	<input type="checkbox"/>
50	85	CATitration	Kalkindhold - Titring	[%]	<input type="checkbox"/>
50	86	CAAcidification	Kalkindhold - Udsyring	[%]	<input type="checkbox"/>
50	87	CAInsoluble	Kalkindhold - Uopløseligt	[%]	<input type="checkbox"/>
50	88	CAInsolubleBelow75	Kalkindhold < 75 µm - U...	[%]	<input type="checkbox"/>
50	89	CAInsolubleAbove75	Kalkindhold > 75 µm - U...	[%]	<input type="checkbox"/>
50	90	CAInsolubleAbove16	Kalkindhold > 16 mm -...	[%]	<input type="checkbox"/>
50	91	CAInsolubleDescription	Kalkindhold > 16 mm - B...		<input type="checkbox"/>

Figur 8.3 Nye felter i GeoGIS2020 til kalkindhold og uopløselig rest bestemt ved udsyringsforsøg.

I Access er feltbetegnelserne som følger:

- CAAcidification (Kalkindhold bestemt ved udsyring [%])
- CAInsoluble (uopløselig rest [%])
- CAInsolubleBelow75 (uopløselig rest <75 µm [%])
- CAInsolubleAbove75 (uopløselig rest >75 µm [%])
- CAInsolubleAbove16 (uopløselig rest >16 mm [%])
- CAInsolubleDescription (beskrivelse af uopløselig rest >16 mm).

## Mineralogi af korn >16 mm

Til resultater af mineralogisk bedømmelse af korn >16 mm er der oprettet to nye felter til tabellen Klippeklassifikation, RockClassification: Vægt (Weight, [g]) og Vægtprocent (WPercent, [%]). Den mineralogiske beskrivelse af kornene indgår i det eksisterende felt Mineralogi (Mineralogy), Tabel 3.

# KRAVSPECIFIKATION

---

**Tabel 3 Mineralogi og størrelse af korn >16 mm.**

Mineralogi
Sedimentære, klastiske, finkornede, 16-32 mm
Sedimentære, klastiske, finkornede, 32-63 mm
Sedimentære, klastiske, finkornede, >63 mm
Sedimentære, klastiske, grovkornede, 16-32 mm
Sedimentære, klastiske, grovkornede, 32-63 mm
Sedimentære, klastiske, grovkornede, >63 mm
Sedimentære, kemiske, kalksten (H3), 16-32 mm
Sedimentære, kemiske, kalksten (H3), 32-63 mm
Sedimentære, kemiske, kalksten (H3), >63 mm
Sedimentære, kemiske, kalksten (H4), 16-32 mm
Sedimentære, kemiske, kalksten (H4), 32-63 mm
Sedimentære, kemiske, kalksten (H4), >63 mm
Sedimentære, kemiske, kalksten (H4/H5), 16-32 mm
Sedimentære, kemiske, kalksten (H4/H5), 32-63 mm
Sedimentære, kemiske, kalksten (H4/H5), >63 mm
Sedimentære, kemiske, flint, 16-32 mm
Sedimentære, kemiske, flint, 32-63 mm
Sedimentære, kemiske, flint, >63 mm
Magmatiske/metamorfe, tæt til finkornet, felsisk til intermediær, 16-32 mm
Magmatiske/metamorfe, tæt til finkornet, felsisk til intermediær, 32-63 mm
Magmatiske/metamorfe, tæt til finkornet, felsisk til intermediær, >63 mm
Magmatiske/metamorfe, mellem til meget grovkornet, felsisk til intermediær, 16-32 mm

## KRAVSPECIFIKATION

---

Mineralogi
Magmatiske/metamorfe, mellem til meget grovkornet, felsisk til intermediær, 32-63 mm
Magmatiske/metamorfe, mellem til meget grovkornet, felsisk til intermediær, >63 mm
Magmatiske/metamorfe, tæt til finkornet, mafisk til ultramafisk, 16-32 mm
Magmatiske/metamorfe, tæt til finkornet, mafisk til ultramafisk, 32-63 mm
Magmatiske/metamorfe, tæt til finkornet, mafisk til ultramafisk, >63 mm
Magmatiske/metamorfe, mellem til meget grovkornet, mafisk til ultramafisk, 16-32 mm
Magmatiske/metamorfe, mellem til meget grovkornet, mafisk til ultramafisk, 32-63 mm
Magmatiske/metamorfe, mellem til meget grovkornet, mafisk til ultramafisk, >63 mm

## KRAVSPECIFIKATION

---

### **Bilag B. Jord- og bjergartstyper i lagserie "HOFOR"**

I GeoGIS2020 er der tilføjet et felt til autogenerering af jord-/bjergartstype, feltet Jordtype Id (ClassificationId) i tabellen Samples. Autogenereringen af jord-/bjergartstype baseres på en kombination af prøvebeskrivelse (materiale og bestanddele), og prøvebedømmelse (dannelsemiljø og -alder).

Autogenereringen af jord-/bjergartstyper udføres ved at formatere geologien på prøverne i tabellen Samples. Formateringen udføres ved at der i menuen Værktøjer vælges Formater Geologi. Efter endt formatering, skal de autogenererede jord- og bjergartstyper kvalitetssikres.

Autogenereringen af jord- og bjergartstyper tager udgangspunkt i beskrivelseselementerne. Vejledende grænseværdier for de forskellige kornfraktioner, som angivet i Dgf-Bulletin 1, Revision 2 (Galsgaard, et al., 2021), samt uensformighedstal, plasticitetsindeks mm, ligeledes vejledende og fra (Galsgaard, et al., 2021) er indarbejdet i programmet, og kan findes under Geologiske Syntakser, Geologiske Lagkoder, Lagserie, HOFOR jordtype. Det må understreges, at fordi grænseværdierne er vejledende, kan der være afvigelser fra de anvendte grænseværdier. Afvigelserne kan bl.a. skyldes lermineralernes forskelligartede aktivitet, der vil medføre forskelle i plasticitetsindeks uafhængigt af lerindholdet.

Prøverne inddeles ikke på basis af vejledende kornfraktioner og klassifikationsparametre, men disse bør tages i betragtning ved den efterfølgende kvalitetssikring af jordartstyperne.

Jordtyperne omfatter de mest almindeligt forekommende i Hovedstadsområdet, og listen vil kunne udvides og implementeres i GeoGIS2020, såfremt supplerende jordtyper skønnes nødvendige.

I beskrivelserne af jordtyperne, angivet i Tabel til Tabel, angives i nogle tilfælde betegnelsen "sandfrit" og "grusfrit". Disse er ikke betegnelser, der normalt angives i prøvebeskrivelser, men de er tilføjet for at kunne angive intervallet af kornfraktionen i GeoGIS2020, som værende 0 %.

### **L01 Fyld**

Det øverste lag i modellen er L01: Fyld. Sammensætningen af fyld er varierende og kan indeholde både organisk og uorganisk materiale. Fyld kan findes i form af tørv, gytje, muld, ler, sand, grus og sten blandet med slagger, asfalt og byggematerialer og andre menneskeskabte fyldkomponenter. Fyld er ofte løst pakket.

Fyldlagene er inddelt i overordnede jordtyper, FY1-FY4 som angivet i Tabel 4.

# KRAVSPECIFIKATION

---

**Tabel 4**      **Inndeling af lag L01 i jordtyper**

Jordtype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
FY1	FYLD: MULD, TØRV, GYTJE	Fy, Ov	Re
FY2	FYLD: SAND, GRUS, STEN (+SILT)	Fy	Re
FY3	FYLD: LER, uorganisk eller sv. organisk	Fy	Re
FY4	FYLD: SLAGGER, ASFALT	Fy	Re

Der findes typisk 2-6 meter tykke fyldlag i det centrale København, tykkere fyldlag er dog truffet i havneområderne og i tidligere ler- eller voldgrave. I havneområderne indeholder fyldaflejringerne typisk marint materiale fra uddybning af havnebassiner, aske og slagger fra kraftværker og kulfyrede dampskibe samt rester af forarbejdet træ, murbrokker og beton.

## **L02 Postglaciale marine og ferskvandsaflejringer, senglaciale ler og organiske aflejringer**

De postglaciale aflejringer indeholder hovedsageligt ferskvandstørv, ferskvands- og marin gytje og -ler. De senglaciale aflejringer omfatter typisk flydejords-, nedskyls- og smeltevandsaflejringer af sand, -silt og ler. Tilsammen udgør aflejringerne lag L02, der inddeles i følgende jordtyper: PG1, PG2, PG3, SL1, SL2, SL3, SL4, SL5, SL6 som angivet i Tabel 5.

# KRAVSPECIFIKATION

---

**Tabel 5**      **Inndeling af lag L02 i jordtyper**

Jordtype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
PG1	TØRV og GYTJE	Ma, Fe	Pg
PG2	SAND og GRUS, uorganisk eller sv. organisk	Ma, Fe, Ne, Sk	Pg
PG3	LER og SILT, sandet, st. sandet, gruset, st. gruset, med og uden organisk indhold	Ma, Fe, Ne, Sk	Pg
SL1	LER, meget fedt	Sm, Fl, Ne	Sg
SL2	LER, fedt, sandfrit til sandet, grusfrit til gruset	Sm, Fl, Ne	Sg
SL3	LER, ret fedt, sandet til st. sandet, grusfrit til sv. gruset	Sm, Fl, Ne	Sg
SL4	LER, (magert), siltet/sandet	Sm, Fl, Ne	Sg
SL5	LER, (meget magert), st. siltet, sandet	Sm, Fl, Ne	Sg
SL6	LER, (meget magert), st. sandet	Sm, Fl, Ne	Sg

## L03 Øvre glacialt smeltevandssand, -silt og -grus og senglaciale sand- og siltaflejringer

Det øvre senglaciale til glaciare smeltevandslag, L03, består hovedsageligt af fint- til mellemkornet sand, men lokalt findes der grovere sand og grus. Lejlighedsvist træffes der også smeltevandssilt- og ler, men i nogen mindre grad end de grovere smeltevandsaflejringer. Lag L03 omfatter følgende jordtyper: DS1, DS2, DS3, DS4, DS5, DS6, DS7, DG1, DG2, DG3, DG4, DI2, DI3, SI1, SI2, SI3, SS1, SS2, SS3, SS4, SS5, SS6, SG1, SG2, SG3. Jordtyperne fremgår af Tabel 6 og Tabel 8.

## KRAVSPECIFIKATION

**Tabel 6** Inddeling af L03 i jordtyper

Jordtype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
SI1	SILT, (meget magert) st. leret, evt. sandet	Sm, FI, Ne	Sg, Lg
SI2	SILT, (uplastisk), sv. leret, evt. sandet	Sm, FI, Ne	Sg
SI3	SILT, st. sandet, evt. gruset	Sm, FI, Ne	Sg
SS1	SAND, fint, lerfrit til leret, st. siltet	Sm, FI, Ne	Sg
SS2	SAND, fint-mellem, sorteret til ringe graderet, siltfrit til sv. siltet	Sm	Sg
SS3	SAND, fint-mellem, ringe graderet, evt. siltet	Sm	Sg
SS4	SAND, mellem-groft, graderet til velgraderet, sv. siltet til siltet, sv. gruset	Sm	Sg
SS5	SAND, mellem-groft, graderet til velgraderet, evt. sv. siltet, gruset til st. gruset	Sm	Sg
SS6	SAND, leret til st. leret, sv. siltet til st. siltet, evt. sv. gruset til st. gruset	Sm	Sg
SG1	GRUS, fint, sv. sandet til sandet	Sm	Sg
SG2	GRUS, fint-mellem, sandet til st. sandet	Sm	Sg
SG3	GRUS, mellem-groft, sv. sandet til sandet	Sm	Sg

### **L04 Øvre moræneler, smeltevandsler, stærkt leret smeltevandssilt/morænesilt, stærkt leret morænesand**

Lag L04 omfatter ler eller stærkt leret silt/sand. Laget omfatter dermed både moræneler og smeltevandsler samt til dels stærkt leret smeltevandssilt, morænesilt og morænesand.

Lag L04 omfatter følgende jordtyper: ML1, ML2, ML3, ML4, ML5, ML6, ML7, ML8, MI1, DI1, DL1, DL2, DL3, DL4, DL5, der fremgår af Tabel 7.



# KRAVSPECIFIKATION

**Tabel 7** Inddeling af L04 i jordtyper\*

Jordtype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
ML1	MORÆNELER, fedt, sandet, sv. gruset	GI	Gc
ML2	MORÆNELER, ret fedt, sandet, sv. gruset (sandet/siltet)	GI	Gc
ML3	MORÆNELER, (magert), siltet, sandet, sv. gruset til gruset	GI	Gc
ML4	MORÆNELER, (magert), sandet, sv. gruset	GI	Gc
ML5	MORÆNELER, (meget magert), sandet, st. siltet, sv. gruset til gruset	GI	Gc
ML6	MORÆNELER, (meget magert), st. sandet, gruset	GI	Gc
ML7	MORÆNELER, (magert), sandet, st. gruset	GI	Gc
ML8	MORÆNELER, (meget magert), siltet, st. sandet, sv. gruset	GI	Gc
MI1	MORÆNESILT, leret til st. leret, sv. sandet til sandet, evt. sv. gruset	GI	Gc
DI1	SILT, st. leret, grusfrit til sv. gruset	Sm	Gc
DL1	LER, meget fedt	Sm	Gc
DL2	LER, fedt	Sm	Gc
DL3	LER, ret fedt	Sm	Gc
DL4	LER, (magert), siltet/sandet	Sm	Gc
DL5	LER, (meget magert), st. siltet/sandet, grusfrit til sv. gruset	Sm	Gc

\* Samme jordtyper indgår i lag L6 og L8.

## KRAVSPECIFIKATION

---

### L05 Mellem glacialt smeltevandssand og -grus, stærkt sandet silt, svagt leret morænesand og morænegrus

Lag L05 omfatter hovedsageligt fint til mellem-groft smeltevandssand og smeltevandsgrus. Herudover kan der indgå stærkt sandet smeltevandssilt, fint til groft sand, svagt leret morænesand, morænegrus, morænensten samt smeltevandssten.

Lag L05 omfatter følgende jordtyper: DS1, DS2, DS3, DS4, DS5, DS6, DS7, DS8, DS9, DG1, DG2, DG3, DG4, DI2, DI3, MS1, MS2, MS3, MS4, MS5, MG1, MG2, MG3, MG4, MG5, MZ, DZ som angivet i Tabel 8.

**Tabel 8**      **Inddeling af L05 i jordtyper\***

Jordtype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
DS1	SAND, fint, sorteret, enskornet, evt. sv. siltet	Sm	Gc
DS2	SAND, fint-mellem, sorteret, enskornet	Sm	Gc
DS3	SAND, fint-mellem, sorteret til ringe graderet, enskornet til ringe graderet, siltet	Sm	Gc
DS4	SAND, fint-mellem, sorteret til ringe graderet, enskornet til ringe graderet, siltet, sv. gruset	Sm	Gc
DS5	SAND, fint-mellem, ringe graderet til graderet, siltet, gruset	Sm	Gc
DS6	SAND, mellem-groft, ringe graderet til graderet, evt. gruset, evt med siltindhold	Sm	Gc
DS7	SAND, mellem-groft, graderet til velgraderet, gruset til st. gruset, evt med siltindhold	Sm	Gc
DS8	SAND, evt. leret til st. leret, siltet til st. siltet	Sm	Gc
DS9	SAND, evt. leret til st. leret, siltet til st. siltet, evt. gruset til st. gruset	Sm	Gc
DG1	GRUS, fint, siltet, sandet til st. sandet	Sm	Gc
DG2	GRUS, mellem, sv. siltet, sandet	Sm	Gc

## KRAVSPECIFIKATION

---

Jordtype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
DG3	GRUS, mellem-groft, sv. siltet, sv. sandet til sandet	Sm	Gc
DG4	GRUS, groft, sandet, stenet	Sm	Gc
DI2	SILT, sv. leret, evt. sandet (uplastisk), grusfrit til sv. gruset	Sm	Gc
DI3	SILT, st. sandet, evt. gruset	Sm	Gc
MS1	MORÆNESAND, fint-mellem, sv. leret til st. leret, sv. gruset	GI	Gc
MS2	MORÆNESAND, mellem-groft, leret, gruset	GI	Gc
MS3	MORÆNESAND, mellem-groft, leret, st. gruset	GI	Gc
MS4	MORÆNESAND, mellem-groft, sv. leret til leret, st. gruset, stenet	GI	Gc
MS5	MORÆNESAND, sv. leret, st. gruset	GI	Gc
MG1	MORÆNEGRUS, fint-mellem, leret til st. leret, sandet til st. sandet	GI	Gc
MG2	MORÆNEGRUS, fint-mellem, sv. leret, sandet til st. sandet	GI	Gc
MG3	MORÆNEGRUS, mellem-groft, sv. leret, sv. sandet til sandet	GI	Gc
MG4	MORÆNEGRUS, fint-mellem, leret til st. leret,	GI	Gc
MG5	MORÆNEGRUS, mellem-groft, sv. leret, sv. sandet til sandet, stenet	GI	Gc
MZ	MORÆNESTEN, sv. leret til leret, evt. siltet, evt. sandet, evt. gruset	GI	Gc
DZ	STEN, evt. sandet, evt. gruset	Sm	Gc

\* Samme jordtyper indgår i lag L7 og L9.

## KRAVSPECIFIKATION

---

### L06 Nedre Moræneler, smeltevandsler, stærkt leret silt/morænesilt, stærkt leret morænesand

Lag L06, det nedre moræneler, smeltevandsler, stærkt leret silt/morænesilt, og stærkt leret morænesand omfatter de samme jordtyper som L4, dvs. ML1, ML2, ML3, ML4, ML5, ML6, ML7, ML8, MI1, DI1, DL1, DL2, DL3, DL4, DL5. Jordtyperne fremgår af Tabel 7, hvorfor Tabel 9 er tom.

**Tabel 9** Inddeling af L06 i jordtyper\*

Jordtype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
* Se Tabel 7			

### L07 Nedre smeltevandssand og -grus, stærkt sandet silt, svagt leret morænesand og morænegrus

Lag L07, det nedre smeltevandssand og -grus, stærkt sandet silt, svagt leret morænesand og morænegrus omfatter de samme jordtyper, som indgår i lag L05.

Jordtyperne omfatter: DS1, DS2, DS3, DS4, DS5, DS6, DS7, DS8, DS9, DG1, DG2, DG3, DG4, DI2, DI3, MS1, MS2, MS3, MS4, MS5, MG1, MG2, MG3, MG4, MG5, MZ, DZ som fremgår af Tabel 8, hvorfor Tabel 10 er tom.

**Tabel 10** Inddeling af L07 i jordtyper\*

Jordtype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
* Se Tabel			

### L08 Nederste moræneler og smeltevandsler, stærkt leret silt, stærkt leret morænesand (dalbund)

Lag L08, det nederste moræneler, smeltevandsler, stærkt leret silt/morænesilt, stærkt leret morænesand findes lokalt i bunden af erosionsdale. Laget omfatter de samme jordtyper som i lagene L4 og L6, dvs. ML1, ML2, ML3, ML4, ML5, ML6, ML7, ML8, MI1, DI1, DL1, DL2, DL3, DL4, DL5. Jordtyperne fremgår af Tabel 7 hvorfor Tabel 11 er tom.

**Tabel 11** Inddeling af L08 i jordtyper\*

Jordtype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
* Se Tabel.			

## KRAVSPECIFIKATION

---

### L09 Nederste smeltevandssand og -grus (dalbund)

Lag L09, det nederste smeltevandssand og -grus omfatter de samme jordtyper, som indgår i lagene L05 og L07. Jordtyperne omfatter: DS1, DS2, DS3, DS4, DS5, DS6, DS7, DS8, DS9, DG1, DG2, DG3, DG4, DI2, DI3, MS1, MS2, MS3, MS4, MS5, MG1, MG2, MG3, MG4, MG5, MZ, DZ som fremgår af Tabel 8, hvorfor Tabel 12 er tom.

**Tabel 12** Inddeling af L09 i jordtyper\*

Jordtype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
* Se Tabel			

Den nederste smeltevandsenhed findes lokalt i bunden af erosionsdale. Enheden består hovedsageligt af fint til groft smeltevandssand. Stedvis findes groft smeltevandsgrus, stærkt sandet smeltevandssilt, fint til groft sand og leret morænesand. Lokalt kan der forventes morænegrus, morænensten samt smeltevandssten.

### L10 Lellinge grønsandsler

Grønsandsaflejringer fra Selandien er lokalt bevaret i Københavnsområdet, typisk i bunden af NNV-SSØ-gående strukturelle folder/lavnings i kalken (synklinaler).

Grønsandsaflejringerne indhold af mineralet glaukonit giver den karakteristiske grønfarvning mens indhold af omdannet organisk materiale (lignit) giver en brunfarvning. Aflejringerne er typisk uhærdnede til svagt hærdnede og ucementerede, lokalt med enkelte cementerede klaster/noduler af svagt hærdnet sand. Aflejringerne er stærkt kalkholdige.

De øvre grønsandaflejringer består af vekslende lag af siltet og sandet ler, der gradvist bliver grovere nedefter. Lag L10 omfatter derfor grønsandsler, jordtypen PL som vist i Tabel 13.

**Tabel 13** Inddeling af L10 i jordtyper

Jordtype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
PL	LER (grønsandsler)	Ma	SI

### L11 Lellinge grønsandssilt/-sand/-grus

De grovere grønsandsaflejringer, der ofte træffes under grønsandsleret, består af leret og sandet silt, jordtypen PI, leret og siltet sand, jordtypen PS og siltet og sandet grus, jordtypen PG. De grove grønsandsaflejringer er samlet i lag L11, og omfatter jordtyperne PI, PS og PG som angivet i Tabel 14.

## KRAVSPECIFIKATION

---

**Tabel 14** Inddeling af L11 i jordtyper

Jordtype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
PI	SILT (grønsandssilt)	Ma	SI
PS	SAND (grønsandssand)	Ma	SI
PG	GRUS (grønsandsgrus)	Ma	SI

### L12 Lellinge grønssandskalk/ overside af Danien kalk

Under de uhærdnede til svagt hærdnede grønssandsaflejringer træffes glaukonitisk kalk, benævnt grønssandskalk. Denne aflejring kan lokalt udgøre den øverst horisont i den prækvartære lagfølge og derved direkte overlejres af kvartære aflejringer. De nedre dele af grønssandskalken kan være udviklet som et bundkonglomerat, med eroderede klaster af stærkt hærdnet, fossilrigt, grønssandskalk og stærkt hærdnet København kalk og flint.

Grønssandskalk og grønssands bundkonglomerat henføres begge til bjergartstype PK, der udgør lag L12 som angivet i Tabel 15.

**Tabel 15** Inddeling af L12 i bjergartstyper

Bjergartstype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
PK	KALKSTEN (grønssandskalk)	Ma	SI

### L13 Øvre København kalk

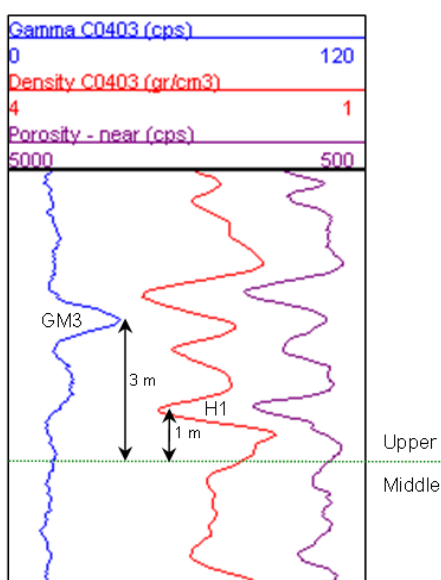
Under grønssandsaflejringer fra Selandien eller direkte under glaciale aflejringer, træffes Danien kalk. Danien kalken består i Københavnsområdet af København kalk og Bryozokalk. I området nordøst for Carlsbergforkastningen, hvor lagene er nedforkastet med op til 90 m, findes øverst København kalk (lokalt overlejret af grønssandsaflejringer), mens der vest for Carlsbergforkastningen findes den ældre Bryozokalk øverst, direkte under de glaciale aflejringer. Kalkoverfladen, og dermed overgangen mellem de to kalktyper, er udjævnet ved gletsjererosion.

København kalk inddeles i tre uformelle enheder, Øvre, Mellem og Nedre København kalk, på basis af litologi og geofysisk logstratigrafi. Den øvre København kalk er horisontalt til subhorisontalt lagdelt med vekslende lag af forskellige hærdningsgrader og tykkelse. De individuelle lag af ensartet hærdningsgrad kan følges over flere kilometer.

Hærdningshorisonter, "hardgrounds" er dannet i forbindelse med længerevarende cementering af havbunden under perioder med reduceret sedimentation i et lavvandet miljø. Hardgrounds består af horisontale til subhorisontale lag af stærkt hærdnet til meget stærkt hærdnet/silicificeret kalksten og flint. Flintlag er ofte 10-40 cm tykke, lokalt er tykkelsen op til 1 m.

## KRAVSPECIFIKATION

Bunden af Øvre København kalk defineres logstratigrafisk som 3 m under en markant top på gammallogen, GM3 og 1 m under den nederste af tre minima (nedre højdensitetstrilling) på porøsitetsloggen, H1, som vist i Figur 8.4.



**Figur 8.4** Definition af grænsen mellem øvre og mellem København Kalk baseret på H1-markøren fra densitets og porøsitetslogs og GM3-markøren fra den naturlige gammalog. Figur fra (Metroselskabet, 2009).

Øvre København kalk udgør lag L13 i den geologiske model.

Jord/bjergartstyper der indgår i lag L13 udgør: KK, ZK og HG som anført i Tabel 16.

HG, hardground, tolkes manuelt, og indgår hverken i den automatiserede jord/bjergartstype kategorisering eller i den logstratigrafisk tolkede.

**Tabel 16** Inddeling af Laf L13 i jord-/bjergartstyper

Jord-/bjergartstype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
KK	KALK,	Ma	Da
ZK	FLINT	Ma	Da
HG	Hardground	Ma	Da

## L14 Mellem København kalk

Mellem København kalk er karakteriseret ved at indeholde få, stærkt til meget stærkt hærdnede hardgrounds og ved en være nodulrig, dvs. rig på gravegange. Gravegangene forekommer typisk som

## KRAVSPECIFIKATION

---

afrundede noder hvis hærtningsgrad ofte er 1-3 grader større end den omgivende kalkmatriks. Nogle af nodulerne har en 1 mm tyk overgangszone af opalflint (flint ( $\text{SiO}_2 + n\text{H}_2\text{O}$ )) til den omgivende kalksten. Flint forekommer også spredt som mikroskopiske udfældninger i kalkmatriks.

Indenfor et lag eller et lille stykke kerne kan der findes mange former for hærtning, og laget er typisk uregelmæssigt hærtnet.

Mellem København kalk udgør lag L14, og indeholder samme jord-/bjergartstyper som L13: KK, ZK og HG, se Tabel 16 hvorfor Tabel 17 er tom.

**Tabel 17**      **Inddeling af L14 i jordtyper\***

Jordtype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
* Se Tabel 16.			

HG, hardground, tolkes manuelt, og indgår hverken i den automatiserede jord/bjergartstype kategorisering eller i den logstratigrafisk tolkede.

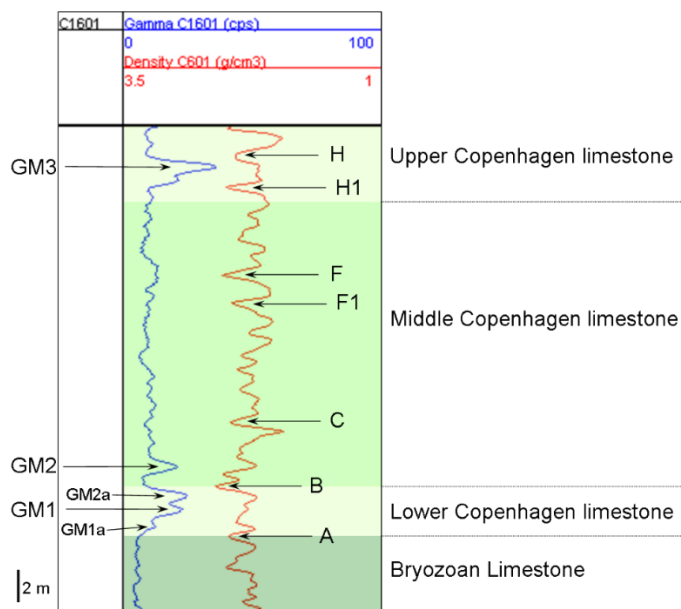
### L15 Nedre København kalk

Nedre København kalk er karakteriseret ved den hyppige forekomst af meget stærkt hærtnede til hærtnede kalkstenslag og lag rige på flint. På grund af et relativt højt indhold af hovedsageligt glaukonit og pyrit har det en mørkere farve sammenlignet med de overliggende kalkstenslag, og beskrives ofte med mørke slirer.

Overgangen fra Mellem København kalk til Nedre København kalk defineres logstratigrafisk ved logmarker B eller ved enten 1,5 m under GM2 eller 5 m under log marker C som vist på Figur 8.5.



## KRAVSPECIFIKATION



**Figur 8.5** Underinddeling af København kalk i uformelle enheder samt overgang til bryozokalk, defineret på basis af geofysisk logstratigrafi. Figur fra (Metroselskabet, 2009).

Nedre København kalk udgør lag L15, og indeholder samme jord-/bjergartstyper som L13 og L14: KK, ZK og HG, se Tabel 16, hvorfor Tabel 18 er tom.

**Tabel 18** Inddeling af L14 i jordtyper\*

Jordtype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
* Se Tabel 16			

HG, hardground, tolkes manuelt, og indgår hverken i den automatiserede jord/bjergartstype kategorisering eller i den logstratigrafisk tolkede.

## L16 Bryozokalk

Bryozokalken består af bryozofragmenter (20-45 %) i størrelsesordenen sand til silt i en matriks af kalkslam. Den er cementeret i vekslende grad, og kan variere fra stærkt hærdnet til svagt hærdnet indenfor få centimeter. Bryozokalk er aflejret i aflange bankestrukturer, typisk 100-200 m lange, 5-15 m høje, med mellemliggende bassin-/trugaflejringer. Trugaflejringerne er som oftest hærdnet og horisontalt lagdelt.

Bryozokalken indeholder store mængder flint og stærkt forkislet kalk, der optræder som enten sorte eller lysegrå irregulære noder af varierende størrelse. Noderne følger den subhorizontale lagdeling i bankestrukturerne. Flint udgør typisk 20-30% af bjergarten.

Bryozokalk udgør lag L16, og indeholder bjergartstyperne BZ, ZK og HG, se Tabel 19.

## KRAVSPECIFIKATION

---

**Tabel 19** Inddeling af L16 i jordtyper\*

Jord- /bjergartstype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
BZ	KALK,	Ma	Da
ZK	FLINT	Ma	Da
HG	Hardground	Ma	Da

HG, hardground, tolkes manuelt, og indgår hverken i den automatiserede jord/bjergartstype kategorisering eller i den logstratigrafisk tolkede.

## L17 Skrivekridt

Grænsen mellem bryozokalk og skrivekridt ses som en stærkt hærdnet og glaukonitimprægneret hardground/hærdningshorisont. Skrivekridtet er sædvanligvis svagt hærdnet, det indeholder sporadiske horisonter af sorte flintknolde og undtagelsesvis lerlag.

Jordtypen SK, jf Tabel 20

**Tabel 20** Inddeling af L17 i jordtyper\*

Jord- /bjergartstype	Beskrivelse	Aflejringsmiljø	Alder
SK	KALK	Ma	Ma

## Bilag C. Autogenerering af vejledende vægprocent af sten og blokke i GeoGIS

### 8.1 Når kornkurve er kendt: Kornkurvemethoden

For at udlede vægtprocent sten/blokke,  $W\%$ , for en given jordtype benytter GeoGIS en ny-udviklet metode, "kornkurvemethoden" eller "KK metoden". Metoden er beskrevet i detaljer i (COWI A/S, 2022).

## KRAVSPECIFIKATION

---

KK metoden bygger på, at vægtprocenten af materiale inden for et givet kornstørrelses-interval kan aflæses direkte som differencen mellem gennemfaldsprocenten for den øvre ende af intervallet og gennemfaldsprocenten for den nedre ende af intervallet.

I teorien kan sten og blok indholdet i et materiale altså aflæses direkte af materialets kornkurve som  $W\%(\text{sten+blokke}) = 100\% - W\%(\text{ler+silt+sand+grus})$ .

Vægtprocenten begrænses dog til blokke mindre end 4 m diameter, jf. at større blokke er uhyre sjældne i Danmark, se f.eks. GEUS' begrænsede liste over såkaldte kæmpesten i Danmark: [Geus.dk](http://Geus.dk)

Derfor benyttes:  $W\%(\text{sten+blokke}) = W\%(\text{blokke} < 4 \text{ m}) - W\%(\text{ler+silt+sand+grus})$

Laboratoriebestemmelser af kornkurver op i de grove fraktioner forudsætter sigtning af store prøvemængder. Laboratorie bestemmelser af  $W\%$  indhold af sten og blokke er - pga. i praksis begrænsede prøvestørrelser - som regel behæftet med større usikkerhed, end bestemmelser af indhold af finere fraktioner.

GeoGIS og KK metoden benytter derfor ekstrapolation af tilpassede idealiserede kornkurver i bestemmelsen af  $W\%$  sten og blokke. De idealiserede kornkurver bestemmer GeoGIS og KK-metoden ved tilpasning til laboratoriebestemte kornkurver, når sådanne forefindes.

### 8.2 Når kornkurve ikke er kendt: Dgf Bulletin 1

Når laboratoriedata for kornkurve ikke er kendt, benytter GeoGIS alternativt den geologiske beskrivelse til at opstille øvre, centrale og nedre grænser for indhold af ler, silt, sand og grus, jf. vejledende kornfraktioner i Dgf Bulletin 1, revision 2 (2021). På basis af de øvre og nedre grænser opstilles tilsvarende øvre og nedre kornkurver, og det er i GeoGIS på basis af disse, at KK metoden tilpasser idealiserede øvre og nedre kornkurver - og efterfølgende også en centralt beliggende idealiseret kornkurve. Det er slutteligt disse 3 idealiserede kornkurver, hvoraf GeoGIS og KK metoden bestemmer nedre, centrale og øvre  $W\%$  for indhold af sten og blokke.

De i Dgf Bulletin 1, revision 2 (2021) givne vejledende øvre og nedre grænser for indhold af ler, silt, sand og grus indebærer typisk en hel del slør (variation) for det samlede indhold af ler+silt+sand+grus.

Akkumuleres maks.  $W\%$  indhold for ler+silt+sand+grus ifølge Dgf Bulletin 1, vil man hyppigt finde:  
 $Max.W\%(ler) + Max.W\%(silt) + Max.W\%(sand) + Max.W\%(grus) > 100\%$ .  
Dette paradoks hænger selvfølgelig sammen med, at Dgf Bulletin 1 går ud fra, at alle Max. værdier ikke optræder samtidigt, men bulletinen giver altså ikke grænser for maksimum af akkumulerede indhold.

Akkumuleres min.  $W\%$  indhold for ler+silt+sand+grus ifølge Dgf Bulletin 1, vil man hyppigt finde:  
 $Min.W\%(ler) + Min.W\%(silt) + Min.W\%(sand) + Min.W\%(grus) < 10\%$ .  
Dette er en ganske lav  $W\%$ , og den hænger selvfølgelig tilsvarende sammen med, at Dgf Bulletin 1 går ud fra, at alle Min. værdier ikke optræder samtidigt, men bulletinen giver altså heller ikke grænser for minimum af akkumulerede indhold.

## KRAVSPECIFIKATION

---

Med andre ord:  $W\%$ (sten+blokke) kan typisk blive alt mellem 0 og mere end 90%, når vægtprocenten bestemmes som foreslået:  
 $W\%$ (sten+blokke) =  $W\%$ (blokke < 4 m) -  $W\%$ (ler+silt+sand+grus)

Det giver derfor mening at benytte hver individuel kornfraktions "*Dgf-Bulletin-1-min/max-værdi-for-vægtprocent-indhold-af-ler-silt-sand-og-grus*" til at opsøge de stejleste dele af kornkurver på basis af Bulletin 1 øvre/nedre grænser. Øvre og nedre idealiserede kornkurver tilpasses de stejleste dele af nævnte "kornkurver på basis af Bulletin 1 øvre/nedre grænser", og KK metoden anvendes derefter på disse øvre og nedre tilpassede kornkurver KK metoden til bestemmelse af øvre/nedre grænser for sten og blok indhold. Som det vil fremgå af følgende afsnit, giver de tilpassede idealiserede kornkurver mere realistiske og indskrænkede variationsgrænser for  $W\%$ (sten+blokke), netop fordi de tillægger de stejleste dele af Bulletin 1 afledte kornkurver størst betydning for fastlæggelsen af de idealiserede tilpassede kornkurver.

At de stejleste dele af en kornkurve siger mest om materialets reelle kornkurve-forløb op i grovere kornfraktioner:

- hænger sammen med, at mængden af sten og blokke i et materiale som nævnt vanskeligt fastlægges ud fra laboratoriesigtninger,
- er indtil videre et grundlæggende postulat for KK metoden, som er underbygget af gode overensstemmelser mellem anvendelser af KK metoden og faktiske stentællinger i forbindelse med udgravning af skakte.

GeoGIS systemets anvendelse af KK metoden beskrives efterfølgende i flere detaljer.

### 8.3 Øvre og nedre kornkurver

I GeoGIS er der for hver jordtype, på basis af vejledende grænseværdier angivet i Dgf Bulletin 1, revision 2 (2021), defineret øvre, centrale og nedre grænser for vægtindhold,  $W\%$ , af de grundlæggende kornfraktioner, ler, silt, sand og grus.

F.eks. for jordtypen ML2 "*MORÆNELER, ret fedt, sandet, sv. gruset (sandet/siltet)*" definerer GeoGIS indhold af de enkelte kornfraktioner som givet i Tabel 21 ganske svarende til vejledende grænseværdier i den ny Dgf Bulletin 1.

**Tabel 21** Jordtype ML2 "*MORÆNELER, ret fedt, sandet, sv. gruset (sandet/siltet)*": Min., central og max. værdier for  $W\%$  indhold af ler, silt, sand og grus.

Jordtype	Ler			Silt			Sand			Grus		
	Min.	Ctr.	Max.	Min.	Ctr.	Max.	Min.	Ctr.	Max.	Min.	Ctr.	Max.
ML2	12%	19%	26%	20%	27%	35%	40%	51%	65%	0%	5%	9.9%

Akkumuleres disse grænseværdier kan der opstilles indhyllings-kornkurver (øvre og nedre grænse kornkurver) for de mulige kornkurver. De mulige akkumulerede indhold af ler, ler+silt, ler+silt+sand og ler+silt+sand+grus er for eksemplet med jordtype ML2 opstillet i Tabel 22.

# KRAVSPECIFIKATION

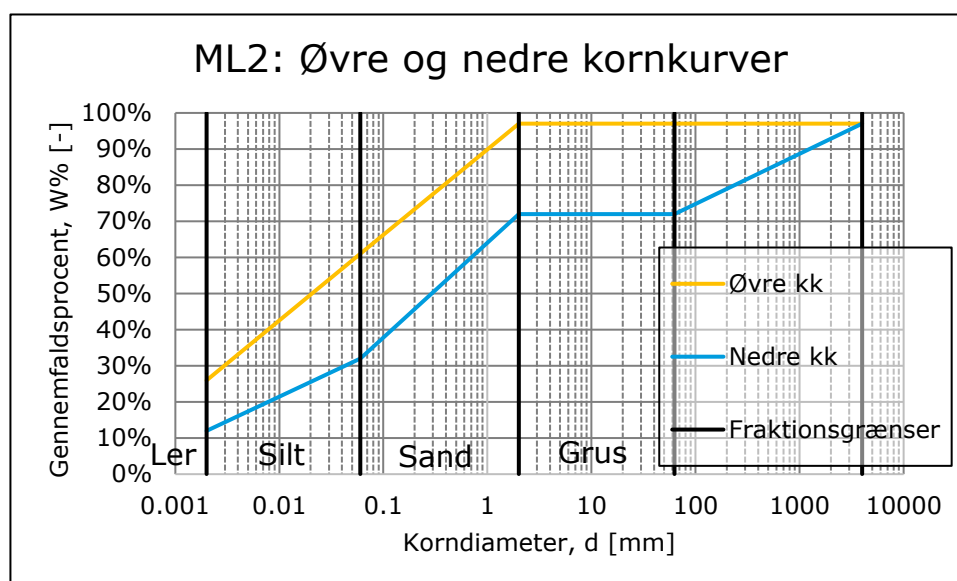
**Tabel 22 Jordtype ML2 "MORÆNELER, ret fedt, sandet, sv. gruset (sandet/siltet)":  
Nedre og øvre akkumulerede værdier for W% indhold.**

Jordtype	Nedre akkumuleret indhold				Øvre akkumuleret indhold			
	Ler	Ler +Silt	Ler +Silt +Sand	Ler +Silt +Sand +Grus	Ler	Ler +Silt	Ler +Silt +Sand	Ler +Silt +Sand +Grus
ML2	12%	32%	72%	72%	26%	61%	126% (→97%)	135.9% (→97%)

Disse nedre og øvre akkumulerede vægtprocenter definerer de mulige nedre og øvre kornkurver for det aktuelle materiale, hvortil GeoGIS tikpasser idealiserede kornkurver.

Akkumulerede W% indhold større end 100% er selvfølgelig ikke mulige og må rundes ned.

De mulige nedre og øvre kornkurver svarende til Tabel er afbildet i Figur 8.6, hvor akkumulerede vægtprocenter > 100% er rundet ned til en maksimumværdi på 97%, hvilken afskæringsværdi, der redegøres for efterfølgende.



**Figur 8.6 Jordtype ML2 "MORÆNELER, ret fedt, sandet, sv. gruset (sandet/siltet)":  
Øvre og nedre kornkurver.**

De (i GeoGIS bestemte) tilsvarende idealiserede øvre og nedre kornkurver fastlægges ved hver deres sæt af 2 parametre, middeldiameter  $d_{50}$  og stejlehedsparemet  $k$ . De idealiserede øvre og nedre kornkurver fastlægger GeoGIS derefter entydigt ved blot 2 samhørende datapunkter,  $(d, W\%)$ , på henholdsvis øvre og nedre kornkurve.

De idealiserede kornkurver nærmer sig pr. deres "arctan" definition asymptotisk til vægtprocent  $W\% = 0$  (for  $d \rightarrow 0$ ) og  $W\% = 100\%$  (for  $d \rightarrow \infty$ ). De idealiserede kornkurver kan således aldrig nå hverken  $W\% = 0$  eller  $W\% = 100\%$ .

## KRAVSPECIFIKATION

Derfor vil det heller ikke give mening at søge at bestemme idealiserede kornkurvers parametre,  $d_{50}$  og  $k$ , ud fra øvre og nedre kornkurve datapunkter ( $d$ ,  $W\%$ ), som indeholder en af grænseværdierne  $W\% = 0$  eller  $W\% = 100\%$  (endsige  $W\% > 100\%$ ).

Derfor ansætter GeoGIS jordtypers minimumsværdier for kornkurve indhold af "ler", "ler+silt", "ler+silt+sand" og "ler+silt+sand+grus" alle til  $W\% = 1\%$ , og tilsvarende deres maksimumsværdier for kornkurve indhold af samme til  $W\% = 97\%$ .

Valget af afskæringsværdierne 1% og 97% er i nogen grad arbitrært, men synes ikke urimeligt at påvirke de på basis af idealiserede kornkurver beregnede nedre, centrale og øvre værdier for  $W\%$  sten og blokke.

GeoGIS bestemmelsen af de tilpassede idealiserede kornkurver er beskrevet i det følgende afsnit.

### 8.4 Øvre og nedre idealiserede kornkurver

GeoGIS bestemmer først idealiserede kornkurver tilpasset de øvre og nedre kornkurver, som f.eks. er vist i Figur 8.6. Hver idealiseret kornkurve bestemmes entydigt ud fra 2 datapunkter, ( $d$ ,  $W\%$ ), på de givne kornkurver.

GeoGIS vælger datapunkter på hver side af den kornfraktion, gennem hvilken kornkurven er stejlest, som iagttaget i det sædvanlige semi-log diagram. Derfor beregner GeoGIS først hældningen af kornkurven gennem hver kornfraktion,  $\Delta W\% / \Delta \log_{10}(d)$ , valget af datapunkter, og bestemmelse af  $d_{50}$  og  $k$  derefter. For eksemplet for jordtype ML2, se Tabel 23 og Tabel 24.

I Tabel 23 finder GeoGIS største kornkurvehældning for den øvre kornkurve for siltfraktionen:  
 $\Delta W\% / \Delta \log_{10}(d) = (61\% - 26\%) / \log_{10}(0,06\text{mm} / 0,002\text{mm}) = 23,7\%$ .  
 Derfor vælger GeoGIS datapunkter, ( $d$ ,  $W\%$ ), på hver side af siltfraktionen.

**Tabel 23 Jordtype ML2 "MORÆNELER, ret fedt, sandet, sv. gruset (sandet/siltet)": Øvre kornkurve hældninger, 2 datapunkter og øvre idealiserede kornkurves parametre,  $d_{50}$  og  $k$ .**

Kornkurvehældning					To datapunkter				Parametre for nedre idealiserede kk	
Ler [-]	Silt [-]	Sand [-]	Grus [-]	Sten/Blokke	$d_1$ [mm]	$W_1$ [-]	$d_2$ [mm]	$W_2$ [-]	$d_{50}$ [mm]	$k$ [-]
16,4%	23,7%	23,6%	0,0%	0,0%	0,002	26%	0,06	61%	0,02338	0,8795

I Tabel 24 finder GeoGIS største kornkurvehældning for den nedre kornkurve for sandfraktionen:  
 $\Delta W\% / \Delta \log_{10}(d) = (72\% - 32\%) / \log_{10}(2\text{mm} / 0,06\text{mm}) = 26,3\%$ .  
 Derfor vælger GeoGIS to datapunkter, ( $d$ ,  $W\%$ ), på hver side af sandfraktionen.

**Tabel 24 Jordtype ML2 "MORÆNELER, ret fedt, sandet, sv. gruset (sandet/siltet)": Nedre kornkurve hældninger, 2 datapunkter og nedre idealiserede kornkurves parametre,  $d_{50}$  og  $k$ .**

Kornkurvehældning					To datapunkter				Parametre for øvre idealiserede kk	
Ler [-]	Silt [-]	Sand [-]	Grus [-]	Sten/Blokke	$d_1$ [mm]	$W_1$ [-]	$d_2$ [mm]	$W_2$ [-]	$d_{50}$ [mm]	$k$ [-]
7,2%	13,5%	26,3%	0,0%	13,9%	0,06	32%	2	72%	0,2749	0,95995

## KRAVSPECIFIKATION

---

De idealiserede kornkurver er givet ved:

$$W\% = 0.5 + \frac{1}{\pi} \arctan \left( k \log_{10} \left( \frac{d}{d_{50}} \right) \right)$$

Stjålhedsparameteren,  $k$ , udleder GeoGIS derfor ved at løse to ligninger med to ubekendte:

$$W_1 = 0.5 + \frac{1}{\pi} \arctan \left( k \log_{10} \left( \frac{d_1}{d_{50}} \right) \right)$$

$$W_2 = 0.5 + \frac{1}{\pi} \arctan \left( k \log_{10} \left( \frac{d_2}{d_{50}} \right) \right)$$

hvoraf:

$$k = \frac{\tan(\pi(W_1 - 0.5)) - \tan(\pi(W_2 - 0.5))}{\log_{10} \left( \frac{d_1}{d_2} \right)}$$

Baseret på erfaring vides, at  $k$  er begrænset til intervallet  $0,65 < k < 40$  (samme grænser for uensformighedstallet vil være ca.  $1,2 < U < \text{ca. } 170000$ ). Disse grænser for  $k$  er i GeoGIS indført i udtrykket for  $k$ .

$$k = \text{Max} \left( 0,65; \text{Min} \left( 40; \frac{\tan(\pi(W_1 - 0.5)) - \tan(\pi(W_2 - 0.5))}{\log_{10} \left( \frac{d_1}{d_2} \right)} \right) \right)$$

Her kan "Max" funktionen belejligt læses som "Ikke mindre end", og "Min" funktionen læses som "Ikke større end". Anvendelsen af "Max" og "Min" funktionerne indeholder reelt 2 stk. "If statements" og forenkler udtrykket for  $k$ .

Endeligt bestemmer GeoGIS middelkorndiameteren,  $d_{50}$ , ved:

$$d_{50} = \frac{d_1}{10^{\left( \frac{\tan(\pi(W_1 - 0.5))}{k} \right)}} = \frac{d_2}{10^{\left( \frac{\tan(\pi(W_2 - 0.5))}{k} \right)}}$$

De således GeoGIS bestemte idealiserede øvre og nedre kornkurver er for eksemplet med jordtype ML2 afbildet i Figur 8.7.

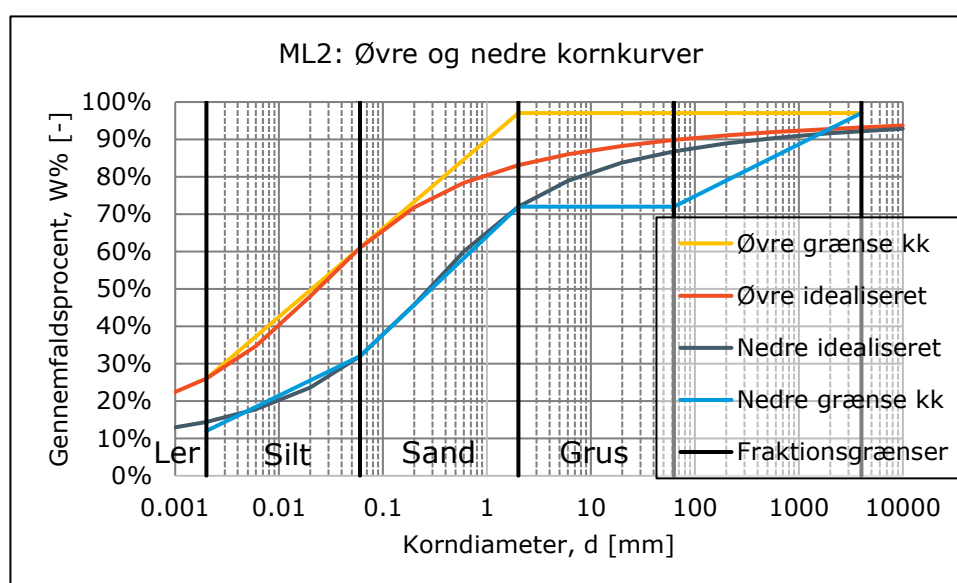
I Figur 8.7 ses den øvre idealiserede kornkurve at matche den øvre kornkurve i datapunkterne ( $d, W\%$ ) = (0,002 mm; 26%) og (0,06 mm; 61%), mens den nedre idealiserede kornkurve matcher den nedre kornkurve i datapunkterne ( $d, W\%$ ) = (0,06 mm; 32%) og (2 mm; 72%).

Det ses også, at de 2 idealiserede kornkurver ligger relativt tæt oppe i sten og blok fraktionerne ( $d > 63$  mm), sammenlignet med de underliggende kornkurver, som de er udledt af. Dette skyldes de idealiserede kornkurvers tilpasning til de stejleste portioner af de underliggende kornkurver, som altså

## KRAVSPECIFIKATION

tillægges størst betydning, jf. omtale i afsnit 8.2, at de stejleste dele af en kornkurve siger mest om materialets reelle kornkurveforløb op i grovere kornfraktioner.

Den relativt tætte beliggenhed af de idealiserede kornkurver illustrerer samtidig, hvordan hensyntagen til hver individuel kornfraktions "Dgf-Bulletin-1-min/max-værdi-for-vægtprocent-indhold-af-ler-silt-sand-og-grus" bidrager til at indskrænke variationen af  $W\%$  sten og blokke, sammenlignet med at benytte de underliggende kornkurver, der alene baserer sig på akkumulerede vægtprocenter og det tiltagende slør, der er deri, op gennem kornfraktionerne.



Figur 8.7 Jordtype ML2 "MORÆNELER, ret fedt, sandet, sv. gruset (sandet/siltet)": Øvre og nedre kornkurver samt tilpassede idealiserede kornkurver.

### 8.5 Centrale idealiserede kornkurver

På basis af de øvre og nedre idealiserede kornkurver bestemmer GeoGIS centralt beliggende middalkornkurver, de "centrale idealiserede kornkurver". På basis af arbitrært valgte vægtprocenter  $W_1 = 10\%$  og  $W_2 = 90\%$  er GeoGIS programmeret til at bestemme tilhørende korndiameter  $d_1$  og  $d_2$  ved:

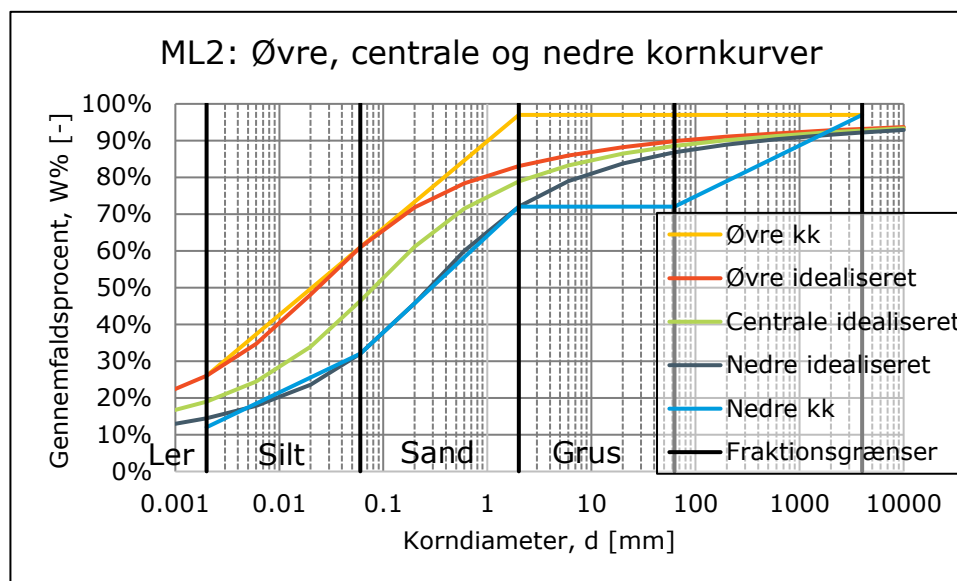
$$d_1 = 10 \text{ Average} \left( \log_{10} \left( d_{50}^{\text{øvre}} 10^{\left( \frac{\tan(\pi(10\%-0.5))}{k^{\text{øvre}}} \right)} \right); \log_{10} \left( d_{50}^{\text{nedre}} 10^{\left( \frac{\tan(\pi(10\%-0.5))}{k^{\text{nedre}}} \right)} \right) \right)$$

$$d_2 = 10 \text{ Average} \left( \log_{10} \left( d_{50}^{\text{øvre}} 10^{\left( \frac{\tan(\pi(90\%-0.5))}{k^{\text{øvre}}} \right)} \right); \log_{10} \left( d_{50}^{\text{nedre}} 10^{\left( \frac{\tan(\pi(90\%-0.5))}{k^{\text{nedre}}} \right)} \right) \right)$$



## KRAVSPECIFIKATION

Specielt for eksemplet med jordtype ML2 bestemmer GeoGIS parametrene for den centralt beliggende idealiserede kornkurve til:  $d_{50} = 0,080171$  mm og  $k = 0,917951$ . Dertil hørende idealiseret kornkurve er afbildet i det færdige diagram vist i Figur 8.8.



Figur 8.8 Jordtype ML2 "MORÆNELER, ret fedt, sandet, sv. gruset (sandet/siltet)": Øvre og nedre kornkurver samt tilpassede øvre, centrale og nedre idealiserede kornkurver.

## 8.6 W% sten og blokke på basis af idealiserede kornkurver

For hver af de 3 idealiserede kornkurver udtrækker GeoGIS  $W\%$  indhold af sten og blokke simpelt hen ved:

$$W\% = \frac{1}{\pi} \left( \arctan \left( k \log_{10} \left( \frac{4000 \text{ mm}}{d_{50}} \right) \right) - \arctan \left( k \log_{10} \left( \frac{63 \text{ mm}}{d_{50}} \right) \right) \right)$$

For eksemplet med jordtype ML2 finder GeoGIS nedre, centrale og øvre værdi for  $W\%$  sten og blokke af de tilsvarende idealiserede kornkurvers parametre:

$$W\%_{\text{Nedre}} = \frac{1}{\pi} \left( \arctan \left( 0,8795 \log_{10} \left( \frac{4000 \text{ mm}}{0,02338 \text{ mm}} \right) \right) - \arctan \left( 0,8795 \log_{10} \left( \frac{63 \text{ mm}}{0,02338 \text{ mm}} \right) \right) \right) = 3,4\%$$

$$W\%_{\text{Central}} = \frac{1}{\pi} \left( \arctan \left( 0,9180 \log_{10} \left( \frac{4000 \text{ mm}}{0,08017 \text{ mm}} \right) \right) - \arctan \left( 0,9180 \log_{10} \left( \frac{63 \text{ mm}}{0,08017 \text{ mm}} \right) \right) \right) = 4,2\%$$

## KRAVSPECIFIKATION

---

$$W\%_{\varnothing vre} = \frac{1}{\pi} \left( \arctan \left( 0,95995 \log_{10} \left( \frac{4000 \text{ mm}}{0,2749 \text{ mm}} \right) \right) - \arctan \left( 0,95995 \log_{10} \left( \frac{63 \text{ mm}}{0,2749 \text{ mm}} \right) \right) \right) = 5,4\%$$