

KATTFJORD DEPONI

Oppdragsnavn **Kattfjord deponi - Geologisk barriere**
Prosjekt nr. **1350016617-005**
Mottaker **ENAS AS**
Dokument type **Notat**
Versjon **1**
Dato **31.08.2018**
Utført av **Jonas Thu Olsen**
Kontrollert av **Michael Rene Helgestad**
Godkjent av **Michael Rene Helgestad**
Beskrivelse **Geologisk barriere, kornfordeling, hydrogeologi**

1. Innledning

Dette notatet tar for seg etablering av geologisk barriere i forbindelse med konstruksjon av nytt avfallsdeponi på Kvaløya i Tromsø kommune. Deponiet er beregnet for ordinært avfall. Rambøll har i dette notatet vurdert om massene på stedet er egnet til å etablere en geologisk barriere.

Beskyttelse av jord og vann ved etablering av nye avfallsdeponier er beskrevet i kapitel 9 vedlegg 1 punkt 3 i avfallsforskriften. Forskriften sier at det ved etablering av nye avfallsdeponier for ordinært og farlig avfall skal legges en tetningsmembran og et drenslag i tillegg til en naturlig geologisk barriere. Slik kravene til den geologiske barrieren er stilt i forskriften er det effekten av dem som skal oppfylles. Dette betyr at barrieren kan formes med forskjellig lagtykkelse og permeabilitetsverdier, så lenge tilbakeholdningsegenskapene til barrieren oppfylles.

1.1 GJELDENDE KRAV FOR GEOLOGISK BARRIERE

Punkt 3.2 i vedlegg 1 under kapitel 9 i avfallsforskriften lyder:

«Det foreligger en geologisk barriere når de geologiske og hydrogeologiske forhold under og i nærheten av et deponi har tilstrekkelig tilbakeholdningskapasitet til at faren for forurensning av jord og grunnvann forebygges.

Fyllingens bunn og sider skal bestå av et mineralsk sjikt som oppfyller følgende krav til permeabilitet og tykkelse:

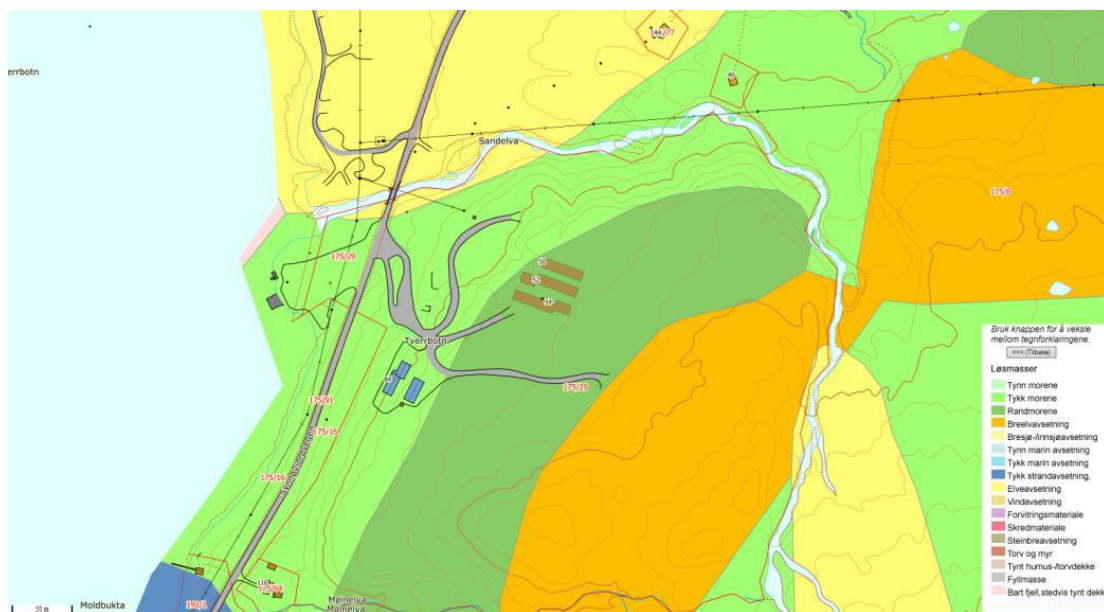
- *Deponi beregnet på farlig avfall: $K^1 \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s, tykkelse ≥ 5 m,*
- *Deponi beregnet på ordinært avfall: $K \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s, tykkelse ≥ 1 m*
- *Deponi beregnet på inert avfall: $K \leq 1,0 \times 10^{-7}$ m/s, tykkelse ≥ 1 m,*

eller på annen måte gir tilsvarende beskyttelse av jord, grunnvann og overflatevann.

Dersom den naturlige geologiske barrieren på stedet ikke oppfyller ovennevnte vilkår, kan den suppleres kunstig eller styrkes på annen måte som gir tilsvarende beskyttelse. En konstruert geologisk barriere må ha en tykkelse på minst 0,5 m».

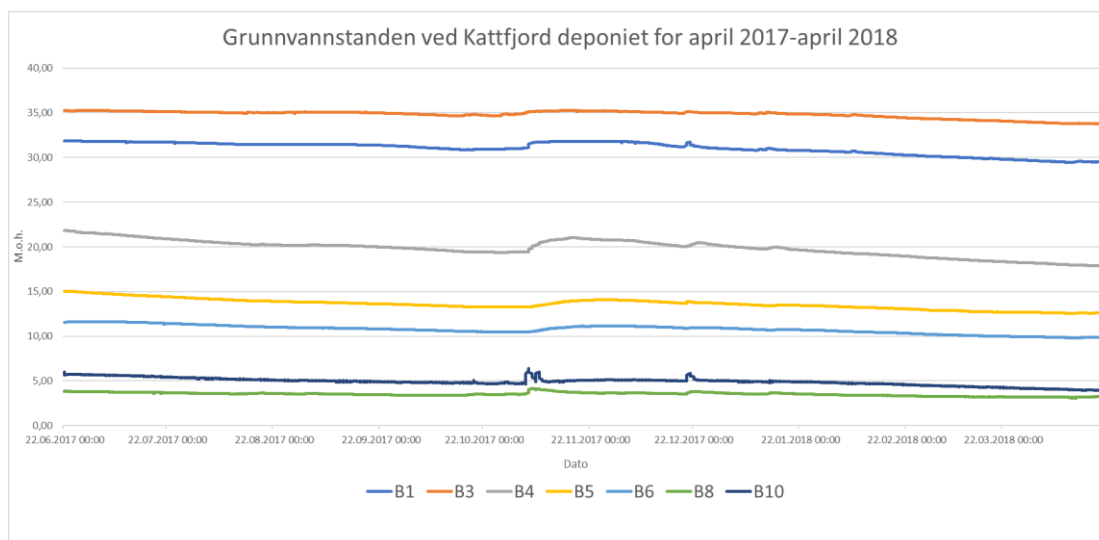
2. Bakgrunn

Løsmassene på det planlagte deponiet består av tykk morene, randmorene og breelvavsetninger (NGU.no). Morene består vanligvis av dårlig sorterte masser, normalt vis med middels til lavgjennomstrømning. Breelvavsetninger representerer godt sorterte masser med høy permeabilitet. Randmorene har varierende sorteringsgrad og dermed varierende permeabilitet.



Figur 1 Løsmassekart over grustaket og området rundt grustaket. Det viser at området rundt hovedsakelig består av tykk morene, rand morene og breelvavsetninger (NGU.no).

Figur 2 viser hvordan grunnvannstanden for brønnene ved Kattfjord varierer i perioden april 2017 – april 2018. Man ser på figuren og av Tabell 1 at grunnvannstanden er relativt jevn. Årsmaksimum inntreffer ved to perioder, i mai måned etter snøsmelting og på senhøst etter høstregn, før nedbøren faller som snø.



Figur 2. Årsvariasjon i grunnvannstand ved 7 brønner.

Tabell 1 oppsummerer høyeste og laveste grunnvannstand målt i perioden april 2017 og april 2018. Mektigheten (dvs. tykkelsen) av den umettede sonen er beregnet fra innmålinger av topografien ved foten av det enkelte brønnrør og den høyeste registrerte grunnvannstanden i brønnen.

For brønn 3 er den umettede sonen beregnet til -1 m. Dette kommer av at grunnvannet står helt i dagen, og det ved vinterstid forekommer is i brønnrøret som påvirker målingen. Det kan derfor antas at den umettede sonen er 0 m for denne brønnen.

Tabell 1. Høyeste og laveste registrerte grunnvannstand i de 10 brønnene i perioden april 2017 – april 2018. Løsmassemektighet er beregnet som differansen mellom terreng og høyeste grunnvannstand.

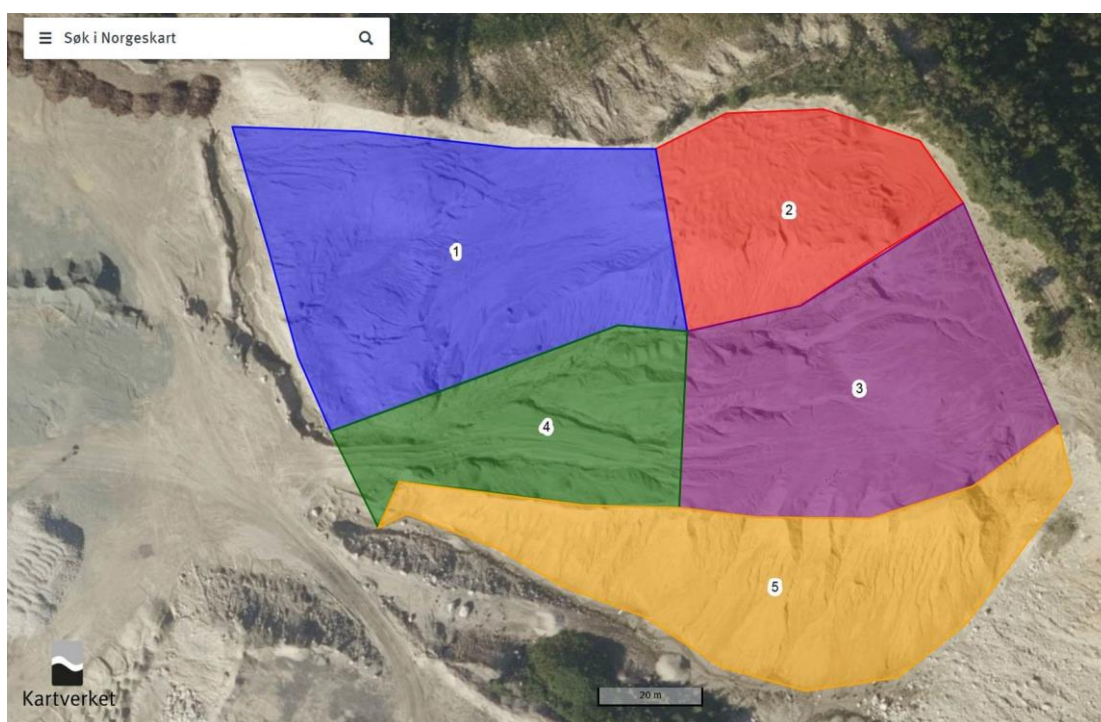
Brønn	Høy (moh)	Lav (moh)	Terreng (moh)	Løsmassemektighet umettet sone (m)
B1	31,9	29,5	34,5	2,7
B2*	28,0	25,8	34,4	6,4
B3	35,3	33,8	34,3	-1,0
B4	21,9	17,9	32,2	10,4
B5	15,1	12,5	25,1	10,1
B6	11,6	9,8	18,8	7,2
B7*	9,7	9,1	16,9	7,2
B8	4,2	3,2	5,5	1,3
B9*	4,0	3,9	4,8	0,8
B10	6,4	3,9	9,3	2,9

* Det foreligger kun manuelle målinger og ingen diver-data

3. Metode

Hydrauliske egenskaper ved løsmasser kan estimeres med utgangspunkt i løsmassens kornfordeling. En prøve av løsmassen siktes inn i forskjellige fraksjoner avhengig av kornstørrelse. Den hydrauliske ledningsevnen estimeres så for hver enkelt prøve gjennom empiriske formler. Det er benyttet to formler for hver prøve, Gustavson og Hazen. Førstnevnte har et gyldighetsintervall på usorterte prøver ($U > 5$) mens sistnevnte er beregnet på mer sorterte prøver ($U < 5$). U , eller graderingstallet, er et forholdstall mellom d_{10} og d_{60} , der d_{10} og d_{60} er den sikteåpningen som henholdsvis 10 og 60 prosent av prøven passerer.

Det er utført kornfordelingsanalyse på til sammen 24 prøver. Analysen er utført av akkreditert laboratorium. 19 av prøvene er blåseprøver fordelt på 8 borrepunkter. De resterende 5 er sedimentprøver fra området der sikteresten er deponert. Sistnevnte prøver er tatt innenfor områdene avmerket i Figur 3.



Figur 3. Områdene hvor de 5 sedimentprøvene er tatt. I dette området er sikteresten omdisponert.

4. Resultater og geologisk barriere

4.1 HYDRAULISK LEDNINGSEVNE

Hydraulisk ledningsevne er estimert fra kornfordelingsanalyse for de 19 blåseprøvene, se Tabell 2. Den gjennomsnittlige verdien for samtlige prøver er $5,2 * 10^{-4}$ m/s, og største og laveste verdi er på henholdsvis $6,65 * 10^{-3}$ m/s og $3,43 * 10^{-7}$ m/s. Foruten prøve B8 2-3 og B10 2-3 har alle prøvene høyt graderingstall, og er til dels svært usorterte.

Tabell 2. Hydraulisk ledningsevne beregnet hvor hver blåseprøve. Tallet bak hvert prøvenavn indikerer hvilket dyp prøven er tatt på (målt i meter under terreng).

Prøve	Gustavson (m/s)	Hazen (m/s)	U	Beskrivelse
B3 0-8	3,43E-07	7,40E-07	25,4	Dårlig sortert sand med lavt finstoffinnhold
B4 1-6	2,61E-05	1,04E-04	68,5	Dårlig sortert sandig grus med lavt finstoffinnhold
B4 6-9	1,15E-06	5,10E-06	81,6	Dårlig sortert grusig sand med lavt finstoffinnhold
B4 9-11	3,38E-05	1,61E-04	91,3	Dårlig sortert sandig grus med lavt finstoffinnhold
B5 0-12	5,31E-03	6,65E-03	10,6	Dårlig sortert sandig grus med lavt finstoffinnhold
B6 1-6	1,05E-06	1,67E-06	15,6	Dårlig sortert grusig sand med lavt finstoffinnhold
B6 8-10	1,09E-04	1,64E-04	14,3	Dårlig sortert grusig sand med lavt finstoffinnhold
B7 1	1,25E-05	3,13E-05	31,9	Dårlig sortert grusig sand med lavt finstoffinnhold
B7 2	6,09E-05	1,72E-04	39,0	Dårlig sortert sandig grus med lavt finstoffinnhold
B7 3	1,66E-05	5,19E-05	46,0	Dårlig sortert sandig grus med lavt finstoffinnhold
B7 4	1,84E-04	4,18E-04	27,5	Dårlig sortert sandig grus med lavt finstoffinnhold
B7 5	2,78E-05	7,78E-05	38,4	Dårlig sortert grusig sand med lavt finstoffinnhold
B7 6	1,44E-04	3,04E-04	24,4	Dårlig sortert sandig grus med lavt finstoffinnhold
B7 7	2,48E-04	5,65E-04	27,6	Dårlig sortert sandig grus med lavt finstoffinnhold
B8 1	1,90E-04	1,84E-04	6,7	Dårlig sortert grusig sand med lavt finstoffinnhold
B8 2-3	8,46E-05	7,04E-05	4,9	Ganske bra sortert sand med lavt finstoffinnhold
B9 1-3	4,11E-04	3,46E-04	5,0	Dårlig sortert grusig sand med lavt finstoffinnhold
B10 1	1,16E-03	1,87E-03	15,9	Dårlig sortert sandig grus med lavt finstoffinnhold
B10 2-3	3,66E-04	2,57E-04	2,8	Ganske bra sortert sand med lavt finstoffinnhold
	Benyttet verdi			
	U<5, bruk Hazen			
	U>5, bruk Gustavson			

Resultatene fra de 5 sedimentprøvene er vist i Tabell 3. Gjennomsnittet for prøvene er $8,09 \cdot 10^{-5}$, og største og laveste verdi er på henholdsvis $3,38 \cdot 10^{-4}$ m/s og $2,83 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Tabell 3. Hydraulisk ledningsevne beregnet hvor hver sedimentprøve.

Prøve	Gustavson (m/s)	Hazen (m/s)	U	Beskrivelse
S1 Sediment	2,57E-05	5,19E-05	22,9	Dårlig sortert grusig sand med lavt finstoffinnhold
S2 Sediment	3,30E-04	3,38E-04	7,5	Dårlig sortert grusig sand med lavt finstoffinnhold
S3 Sediment	2,83E-06	7,82E-06	37,7	Dårlig sortert grusig sand med lavt finstoffinnhold
S4 Sediment	1,95E-05	4,45E-05	27,7	Dårlig sortert grusig sand med lavt finstoffinnhold
S5 Sediment	2,62E-05	5,35E-05	23,2	Dårlig sortert grusig sand med lavt finstoffinnhold
	Benyttet verdi			
	U<5, bruk Hazen			
	U>5, bruk Gustavson			

4.2 GEOLOGISK BARRIERE OG ANBEFALING

Avfallsdeponiet ved Kattfjord er beregnet for ordinært avfall (avfallsforskriften opererer med tre kategorier: (I) farlig, (II) ordinært og (III) inert avfall). Fra kravene i 3.2 kan det beregnes et generelt tidskrav for geologisk barriere for ordinært avfall som må oppfylles:

$$\frac{L_{tot}}{k_{tot}} = \frac{1 \text{ m}}{10^{-9} \text{ m/s}} = \text{tidskrav for geologisk barriere} \quad (1)$$

Fra ligningen ser vi at kravet er omvendt proporsjonalt med ledningsevnen og direkte proporsjonalt med tykkelsen av laget. Dvs. at når tykkelsen på laget øker kan ledningsevnen reduseres, og omvendt ved redusert ledningsevne kan tykkelsen reduseres. Siden ledningsevnen er svært liten, er betydningen av tykkelsen på laget i praksis nesten neglisjerbar (hvis tykkelsen på laget økes til 10 m kreves det masser med ledningsevne på 10^{-8} m/s).

Den hydrauliske ledningsevnen som er estimert av de 19 blåseprøvene viser at de stedlige massene ikke er egnet som geologisk barriere. Hvis den gjennomsnittlige verdien på $5,2 * 10^{-4}$ benyttes må tykkelsen av den geologiske barrieren være 520000 m for å oppfylle tidskravet fra ligning 1. Tilsvarende vil nødvendig tykkelse være 2830 m om den laveste verdien på $2,83 * 10^{-6}$ m/s fra sedimentprøvene benyttes. Som et resultat vil det være nødvendig å supplere med en kunstig geologisk barriere av tilstrekkelig lavpermeable masser for at kravet skal oppfylles.

Det supplerende laget av masser skal være minimum 0,5 m tykt. Ved 0,5 m tykkelse kreves det at den hydrauliske ledningsevnen er på minimum $0,5 * 10^{-9}$ m/s. Dette tilsvarer i utgangspunktet silt til leire (jmfør. verdier for hydraulisk ledningsevne til forskjellige sedimenttyper i Figur 4). Hazens formel viser at løsmasser med d_{10} på ca. 0,0002 mm vil overholde tetthetskravet på $0,5 * 10^{-9}$ m/s.

Dette vil si at sikteresten har for liten andel silt til å kunne benyttes som geologisk barriere. I tillegg har sikteresten en relativt høy andel medium sand, grovsand og grus som gjør at massene alene er uegnet som geologisk barriere.

Den hydrauliske ledningsevnen avhenger også av komprimeringen i tillegg til kornfordelingen. Det er derfor viktig at det ved etablering av geologisk barriere utføres permeabilitetstester/infiltrasjonstester i felt for å sikre at tetthetskravet oppfylles. Ved etablering av kunstig geologisk barriere kan de utlagte massene med fordel komprimeres for å minke ledningsevnen.

Unconsolidated Sedimentary Materials	
Material	Hydraulic Conductivity (m/sec)
Gravel	3×10^{-4} to 3×10^{-2}
Coarse sand	9×10^{-7} to 6×10^{-3}
Medium sand	9×10^{-7} to 5×10^{-4}
Fine sand	2×10^{-7} to 2×10^{-4}
Silt, loess	1×10^{-9} to 2×10^{-5}
Till	1×10^{-12} to 2×10^{-6}
Clay	1×10^{-11} to 4.7×10^{-9}
Unweathered marine clay	8×10^{-13} to 2×10^{-9}

Figur 4. Vanlige verdier for hydraulisk ledningsevne («hydraulic conductivity») for forskjellige type løsmasser. Fra aqtesolv.com.

5. Sammendrag

Det er utført kornfordeling på til sammen 19 blåseprøver og 6 sandprøver for Kattfjord deponi. Kornfordelingen til prøvene har dannet grunnlag for å estimere hydrogeologiske parametere til løsmassene, som er avgjørende for den geologiske barrieren som er påkrevd for alle nye avfallsdeponier etter Avfallsforskriften.

Resultatene viser at den hydrauliske ledningsevnen varierer fra $6,65 \times 10^{-3}$ m/s til $3,43 \times 10^{-7}$ m/s for blåseprøvene og $3,38 \times 10^{-4}$ m/s og $2,83 \times 10^{-6}$ m/s for sandprøvene. Samtlige verdier er større enn verdien på 10^{-9} m/s beskrevet i avfallsforskriften, hvilket betyr at det er nødvendig med en konstruert geologisk barriere.

Rambøll foreslår to alternative løsninger for å etablere den geologiske barrieren, og at det utføres en kost-nyttevurdering vedrørende hvilken løsning som velges:

1. Det mikses inn leire i de eksisterende massene slik at ledningsevne blir minimum $0,5 \times 10^{-9}$ m/s. Det bør testes med ulike prosentandel leire og teste hva som gir det beste resultatet med hensyn på kost-nytte,
2. Barrieren etableres ved en betonnittmembran.

Kornfordelingen av de stedlige massene viser at massene har relativt høy ledningsevne, og følgelig relativt stor fare for spredning av eventuell forurensning fra deponiet. Det anbefales derfor å beholde en løsmassetykkelse på minimum 3 m på den geologiske barrieren, uavhengig av hvilken av de to løsningene som velges.

Ved etablering av barrieren burde massene komprimeres for å minke ledningsevnen ytterligere og redusere faren for setninger, og det burde utføres stedlige permeabilitetstester i felt for å sikre at den hydrauliske ledningsevnen er tilfredsstillende kravene i henhold til gjeldende lovverk.

Vedlegg 1 - Kornfordelingsanalyser



Attachment no. 1 to the certificate of analysis for work order PR1862702

RESULTS OF GRAIN SIZE ANALYSIS

Sample label:	N00588623	N00588624	N00588625	N00588626	N00588627
Lab. ID:	001	002	003	004	005
Total weight of sample: [g]	141.89	168.47	167.17	150.18	143.72
q < 0.002 mm [%]	0.64	0.36	0.90	0.68	0.67
q 0.002-0.004 mm [%]	0.92	0.50	1.24	0.94	0.93
q 0.004-0.008 mm [%]	1.25	0.67	1.77	1.30	1.31
q 0.008-0.016 mm [%]	2.26	1.15	3.42	2.36	2.38
q 0.016-0.032 mm [%]	2.40	1.19	4.31	2.46	2.48
q 0.032-0.063 mm [%]	2.30	1.35	4.60	2.31	2.01
q < 0.063 mm [%]	9.78	5.22	16.23	10.05	9.79
q 0.063-0.125 mm [%]	3.22	2.17	4.34	2.86	2.91
q 0.125-0.250 mm [%]	10.44	7.06	8.94	8.25	10.55
q 0.250-0.500 mm [%]	16.91	24.90	18.65	22.19	18.91
q 0.500-1.000 mm [%]	14.38	17.58	12.41	10.35	12.43
q 1.000-2.000 mm [%]	9.96	10.99	9.79	8.85	9.56
q 2.000-4.000 mm [%]	10.51	12.60	11.98	9.58	11.22
q 4.000-8.000 mm [%]	11.26	16.08	12.82	8.54	14.45
q 8.000-16.000 mm [%]	6.23	3.40	4.87	7.58	5.39
q 16.00-31.50 mm [%]	7.31	0.00	0.00	11.75	4.79
q 31.50-63.00 mm [%]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q > 63.00 mm [%]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q < 0,002 mm [%]	0.64	0.36	0.90	0.68	0.67
Q < 0.004 mm [%]	1.56	0.87	2.13	1.62	1.60
Q < 0.008 mm [%]	2.81	1.53	3.90	2.92	2.91
Q < 0.016 mm [%]	5.08	2.68	7.32	5.28	5.30
Q < 0.032 mm [%]	7.48	3.87	11.63	7.74	7.78
Q < 0.063 mm [%]	9.78	5.22	16.23	10.05	9.79
Q < 0.125 mm [%]	13.00	7.38	20.56	12.92	12.70
Q < 0.250 mm [%]	23.45	14.45	29.50	21.17	23.25
Q < 0.500 mm [%]	40.36	39.35	48.14	43.36	42.16
Q < 1.000 mm [%]	54.74	56.92	60.55	53.71	54.59
Q < 2.000 mm [%]	64.70	67.92	70.34	62.56	64.15
Q < 4.000 mm [%]	75.21	80.52	82.31	72.13	75.37
Q < 8.000 mm [%]	86.46	96.60	95.13	80.67	89.82
Q < 16.00 mm [%]	92.69	100.00	100.00	88.25	95.21
Q < 31.50 mm [%]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Q < 63.000 mm [%]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

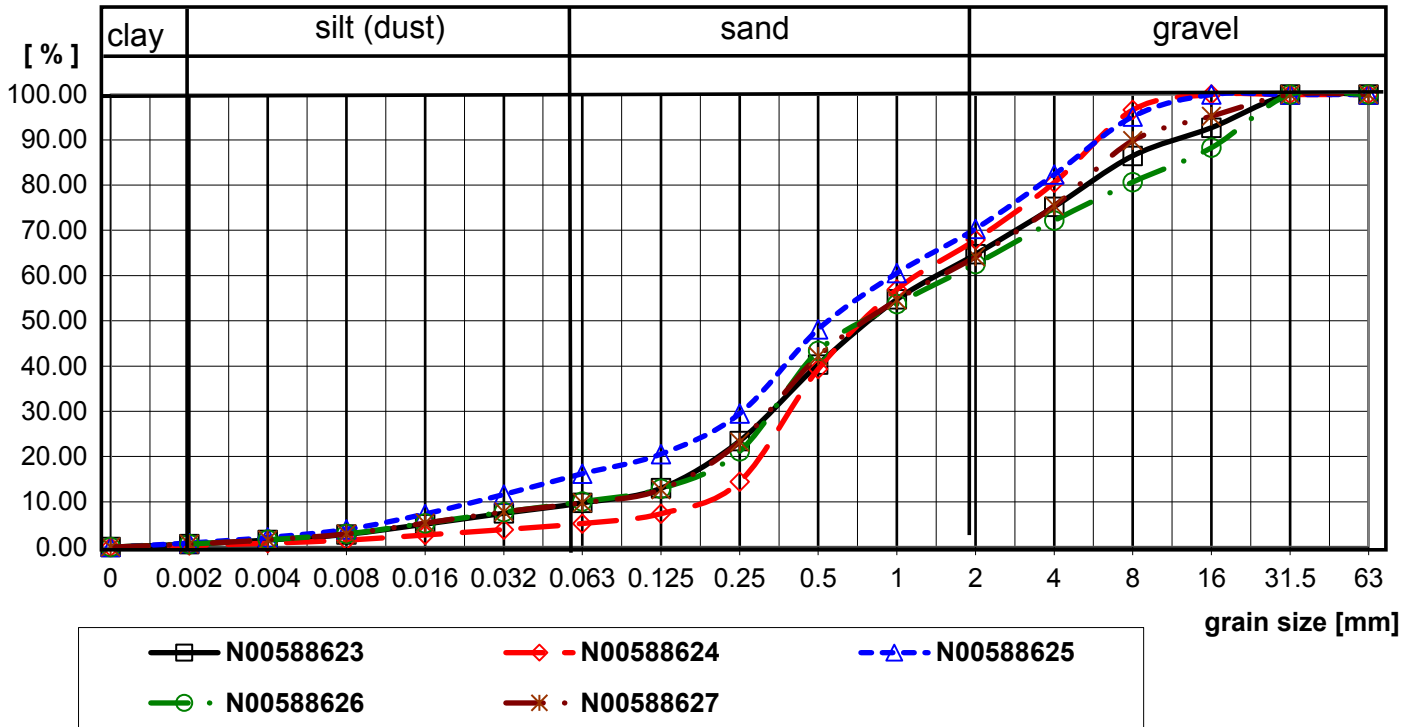
q –fraction percentage part, Q – fraction cumulative part.

Test method specification: CZ_SOP_D06_07_120 Grain size analysis using the wet sieve analysis using laser diffraction (fraction from 2 µm to 63 mm). Fractions > 63 mm, 31.5–63 mm, 16–31.5 mm, 8–16 mm, 4–8 mm, 2–4 mm, 1–2 mm, 0.5–1 mm, 0.25–0.50 mm, 0.125–0.25 mm and 0.063–0.125 mm were determined by wet sieving method, other fractions were determined from the fraction "<0.063 mm" by laser particle size analyzer using liquid dispersion mode.

Test specification, deviations, additions to or exclusions from the test specification:



RESULTS OF GRAIN SIZE ANALYSIS





Attachment no. 1 to the certificate of analysis for work order PR1858987

RESULTS OF GRAIN SIZE ANALYSIS

Sample label:		N00584718	N00584719	N00584720	N00584721	N00584722
Lab. ID:		001	002	003	004	005
Total weight of sample:	[g]	147.08	141.77	142.91	210.47	241.27
q	< 0.002 mm [%]	2.48	0.45	1.22	0.49	0.09
q	0.002-0.004 mm [%]	3.29	0.68	1.72	0.76	0.13
q	0.004-0.008 mm [%]	4.07	0.94	2.06	1.01	0.17
q	0.008-0.016 mm [%]	7.35	1.83	3.61	1.67	0.32
q	0.016-0.032 mm [%]	8.35	2.17	4.20	1.78	0.38
q	0.032-0.063 mm [%]	7.79	1.90	4.10	1.61	0.36
q	< 0.063 mm [%]	33.33	7.97	16.91	7.32	1.45
q	0.063-0.125 mm [%]	11.79	3.90	14.19	3.03	1.10
q	0.125-0.250 mm [%]	24.04	3.77	9.72	3.04	2.26
q	0.250-0.500 mm [%]	13.52	3.80	6.72	2.19	3.50
q	0.500-1.000 mm [%]	6.43	4.82	6.68	1.52	3.28
q	1.000-2.000 mm [%]	2.67	7.69	8.08	2.41	5.05
q	2.000-4.000 mm [%]	1.90	13.48	16.40	4.73	10.09
q	4.000-8.000 mm [%]	1.69	23.20	21.30	17.69	33.15
q	8.000-16.000 mm [%]	4.62	27.45	0.00	52.18	40.12
q	16.00-31.50 mm [%]	0.00	3.91	0.00	5.89	0.00
q	31.50-63.00 mm [%]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q	> 63.00 mm [%]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q	< 0,002 mm [%]	2.48	0.45	1.22	0.49	0.09
Q	< 0.004 mm [%]	5.77	1.13	2.94	1.25	0.22
Q	< 0.008 mm [%]	9.84	2.07	5.00	2.26	0.39
Q	< 0.016 mm [%]	17.19	3.90	8.61	3.93	0.71
Q	< 0.032 mm [%]	25.54	6.07	12.81	5.70	1.09
Q	< 0.063 mm [%]	33.33	7.97	16.91	7.32	1.45
Q	< 0.125 mm [%]	45.12	11.87	31.10	10.34	2.55
Q	< 0.250 mm [%]	69.16	15.64	40.82	13.38	4.81
Q	< 0.500 mm [%]	82.68	19.44	47.54	15.57	8.31
Q	< 1.000 mm [%]	89.11	24.27	54.22	17.09	11.60
Q	< 2.000 mm [%]	91.78	31.95	62.30	19.50	16.64
Q	< 4.000 mm [%]	93.68	45.43	78.70	24.24	26.73
Q	< 8.000 mm [%]	95.38	68.63	100.00	41.93	59.88
Q	< 16.00 mm [%]	100.00	96.09	100.00	94.11	100.00
Q	< 31.50 mm [%]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Q	< 63.000 mm [%]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

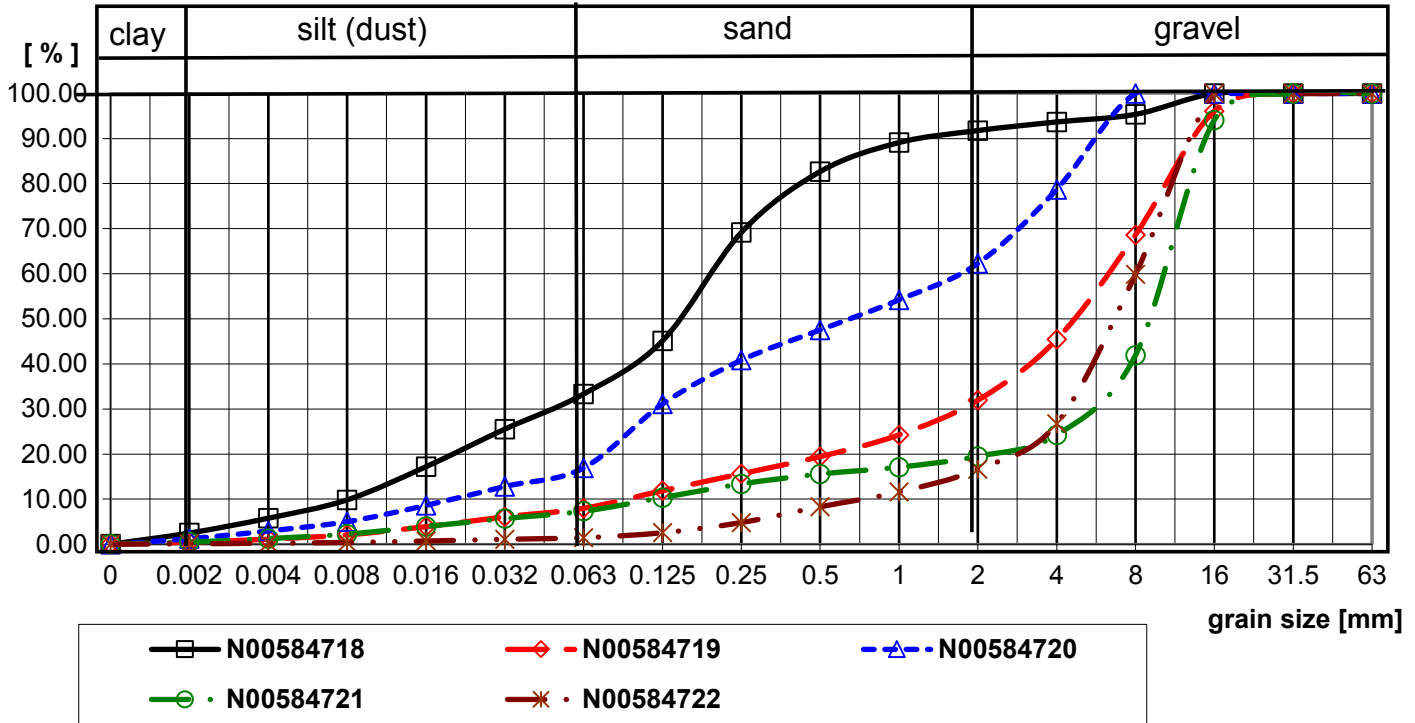
q –fraction percentage part, Q – fraction cumulative part.

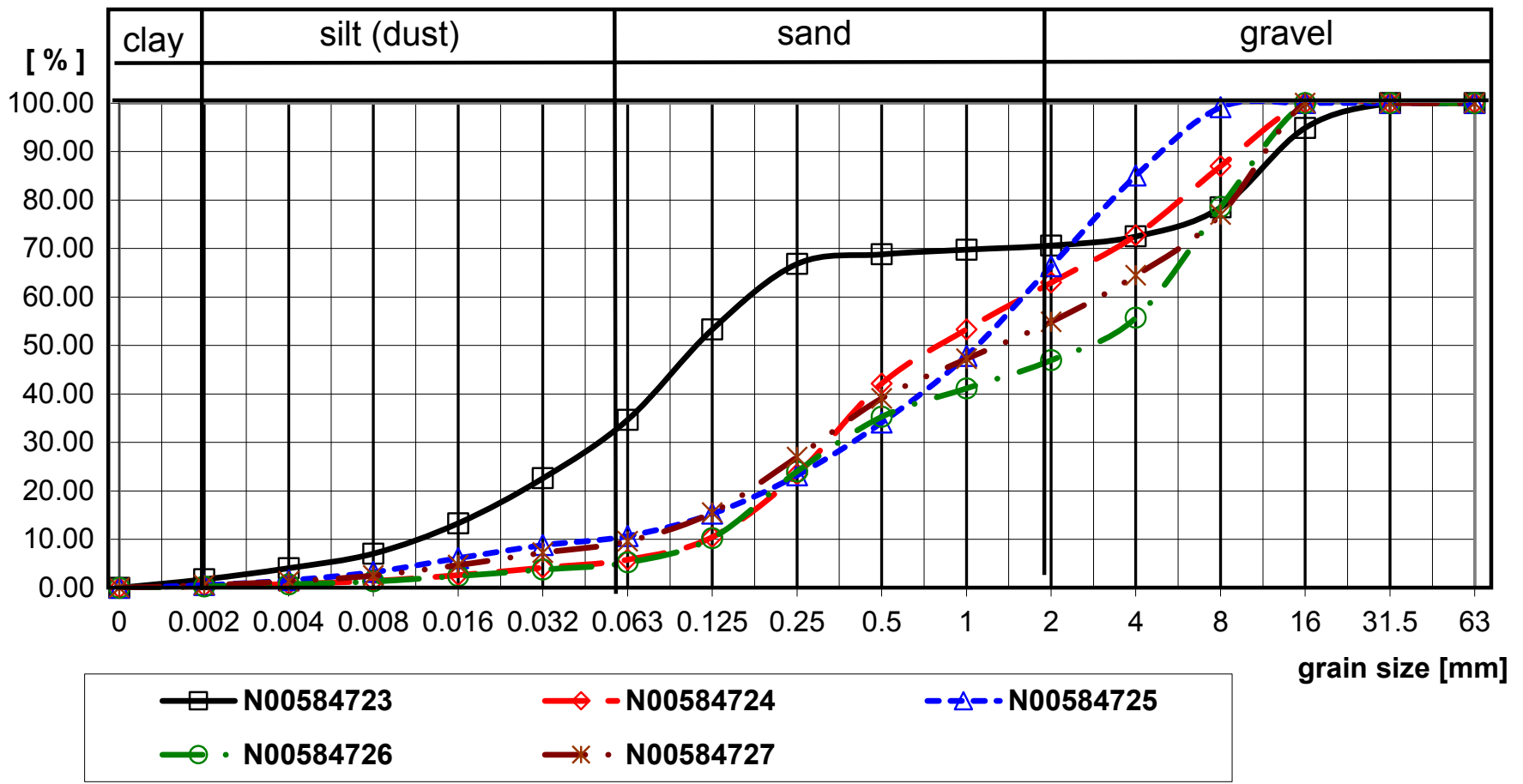
Test method specification: CZ_SOP_D06_07_120 Grain size analysis using the wet sieve analysis using laser diffraction (fraction from 2 µm to 63 mm). Fractions > 63 mm, 31.5-63 mm, 16-31.5 mm, 8-16 mm, 4-8 mm, 2-4 mm, 1-2 mm, 0.5-1 mm, 0.25-0.50 mm, 0.125-0.25 mm and 0.063-0.125 mm were determined by wet sieving method, other fractions were determined from the fraction "<0.063 mm" by laser particle size analyzer using liquid dispersion mode.

Test specification, deviations, additions to or exclusions from the test specification:



RESULTS OF GRAIN SIZE ANALYSIS







Attachment no. 3 to the certificate of analysis for work order PR1858987

RESULTS OF GRAIN SIZE ANALYSIS

Sample label:	N00584733	N00584734	N00584735	N00584736	N00584732
Lab. ID:	011	012	013	014	015
Total weight of sample: [g]	167.69	182.33	153.34	139.37	142.97
q < 0.002 mm [%]	0.11	0.47	0.17	0.14	0.32
q 0.002-0.004 mm [%]	0.18	0.64	0.25	0.22	0.44
q 0.004-0.008 mm [%]	0.26	1.01	0.34	0.28	0.67
q 0.008-0.016 mm [%]	0.52	2.04	0.61	0.46	1.37
q 0.016-0.032 mm [%]	0.63	2.24	0.70	0.49	1.46
q 0.032-0.063 mm [%]	0.58	2.09	0.84	0.40	1.17
q < 0.063 mm [%]	2.28	8.48	2.91	1.99	5.43
q 0.063-0.125 mm [%]	3.22	4.89	4.05	2.58	4.45
q 0.125-0.250 mm [%]	8.63	14.85	10.39	7.09	15.16
q 0.250-0.500 mm [%]	11.32	13.04	15.19	8.24	23.70
q 0.500-1.000 mm [%]	8.31	6.61	8.24	5.80	16.34
q 1.000-2.000 mm [%]	8.26	6.90	8.10	7.35	13.76
q 2.000-4.000 mm [%]	12.37	9.27	11.41	11.67	11.67
q 4.000-8.000 mm [%]	18.37	18.71	20.76	28.98	6.82
q 8.000-16.000 mm [%]	27.24	17.24	18.96	26.30	2.67
q 16.00-31.50 mm [%]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q 31.50-63.00 mm [%]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
q > 63.00 mm [%]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q < 0,002 mm [%]	0.11	0.47	0.17	0.14	0.32
Q < 0.004 mm [%]	0.29	1.11	0.42	0.36	0.76
Q < 0.008 mm [%]	0.55	2.12	0.76	0.64	1.43
Q < 0.016 mm [%]	1.08	4.16	1.37	1.10	2.81
Q < 0.032 mm [%]	1.70	6.39	2.07	1.59	4.26
Q < 0.063 mm [%]	2.28	8.48	2.91	1.99	5.43
Q < 0.125 mm [%]	5.50	13.37	6.95	4.57	9.88
Q < 0.250 mm [%]	14.13	28.22	17.34	11.66	25.04
Q < 0.500 mm [%]	25.46	41.27	32.54	19.90	48.74
Q < 1.000 mm [%]	33.76	47.88	40.78	25.70	65.08
Q < 2.000 mm [%]	42.02	54.78	48.88	33.06	78.83
Q < 4.000 mm [%]	54.39	64.05	60.29	44.72	90.51
Q < 8.000 mm [%]	72.76	82.76	81.04	73.70	97.33
Q < 16.00 mm [%]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Q < 31.50 mm [%]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Q < 63.000 mm [%]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

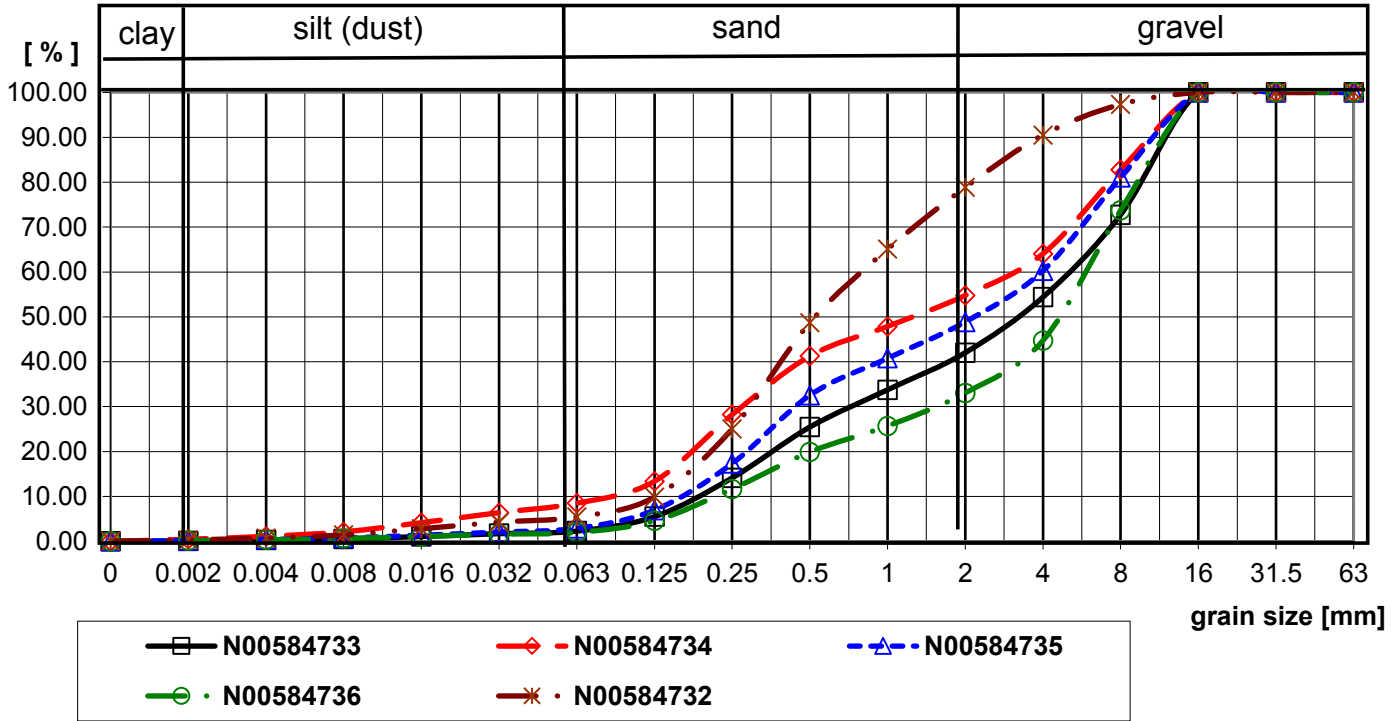
q –fraction percentage part, Q – fraction cumulative part.

Test method specification: CZ_SOP_D06_07_120 Grain size analysis using the wet sieve analysis using laser diffraction (fraction from 2 µm to 63 mm). Fractions > 63 mm, 31.5-63 mm, 16-31.5 mm, 8-16 mm, 4-8 mm, 2-4 mm, 1-2 mm, 0.5-1 mm, 0.25-0.50 mm, 0.125-0.25 mm and 0.063-0.125 mm were determined by wet sieving method, other fractions were determined from the fraction "<0.063 mm" by laser particle size analyzer using liquid dispersion mode.

Test specification, deviations, additions to or exclusions from the test specification:



RESULTS OF GRAIN SIZE ANALYSIS





Attachment no. 4 to the certificate of analysis for work order PR1858987

RESULTS OF GRAIN SIZE ANALYSIS

Sample label:	N00584733	N00584734	N00584735	N00584736
Lab. ID:	016	017	018	019
Total weight of sample: [g]	159.75	165.12	114.88	88.92
q < 0.002 mm [%]	0.49	0.09	0.05	0.07
q 0.002-0.004 mm [%]	0.75	0.12	0.09	0.11
q 0.004-0.008 mm [%]	1.08	0.18	0.14	0.16
q 0.008-0.016 mm [%]	1.88	0.45	0.29	0.42
q 0.016-0.032 mm [%]	2.12	0.53	0.31	0.58
q 0.032-0.063 mm [%]	2.11	0.40	0.19	0.40
q < 0.063 mm [%]	8.42	1.76	1.06	1.73
q 0.063-0.125 mm [%]	6.39	3.12	1.31	3.92
q 0.125-0.250 mm [%]	28.44	13.37	3.35	22.72
q 0.250-0.500 mm [%]	31.77	27.85	7.02	45.58
q 0.500-1.000 mm [%]	13.36	18.70	8.45	17.51
q 1.000-2.000 mm [%]	6.62	12.87	10.31	6.05
q 2.000-4.000 mm [%]	3.36	10.14	13.93	1.99
q 4.000-8.000 mm [%]	1.63	6.17	24.34	0.51
q 8.000-16.000 mm [%]	0.00	6.03	30.23	0.00
q 16.00-31.50 mm [%]	0.00	0.00	0.00	0.00
q 31.50-63.00 mm [%]	0.00	0.00	0.00	0.00
q > 63.00 mm [%]	0.00	0.00	0.00	0.00
Q < 0,002 mm [%]	0.49	0.09	0.05	0.07
Q < 0.004 mm [%]	1.24	0.21	0.14	0.18
Q < 0.008 mm [%]	2.32	0.39	0.27	0.34
Q < 0.016 mm [%]	4.20	0.84	0.56	0.76
Q < 0.032 mm [%]	6.32	1.37	0.87	1.34
Q < 0.063 mm [%]	8.42	1.76	1.06	1.73
Q < 0.125 mm [%]	14.82	4.88	2.37	5.65
Q < 0.250 mm [%]	43.25	18.25	5.72	28.37
Q < 0.500 mm [%]	75.02	46.10	12.74	73.94
Q < 1.000 mm [%]	88.39	64.80	21.19	91.45
Q < 2.000 mm [%]	95.00	77.67	31.50	97.50
Q < 4.000 mm [%]	98.37	87.81	45.43	99.49
Q < 8.000 mm [%]	100.00	93.97	69.77	100.00
Q < 16.00 mm [%]	100.00	100.00	100.00	100.00
Q < 31.50 mm [%]	100.00	100.00	100.00	100.00
Q < 63.000 mm [%]	100.00	100.00	100.00	100.00

q –fraction percentage part, Q – fraction cumulative part.

Test method specification: CZ_SOP_D06_07_120 Grain size analysis using the wet sieve analysis using laser diffraction (fraction from 2 µm to 63 mm). Fractions > 63 mm, 31.5–63 mm, 16–31.5 mm, 8–16 mm, 4–8 mm, 2–4 mm, 1–2 mm, 0.5–1 mm, 0.25–0.50 mm, 0.125–0.25 mm and 0.063–0.125 mm were determined by wet sieving method, other fractions were determined from the fraction "<0.063 mm" by laser particle size analyzer using liquid dispersion mode.

Test specification, deviations, additions to or exclusions from the test specification:



RESULTS OF GRAIN SIZE ANALYSIS

