

Oppdragsgiver: **Stavanger kommune**
Oppdragsnr.: **52401936** Dokumentnr.: **RIG-N01**

Til: Stavanger kommune v/Sondre Størkersen
Fra: Norconsult v/Greger Lyngedal Wian
Dato: 2024-06-10

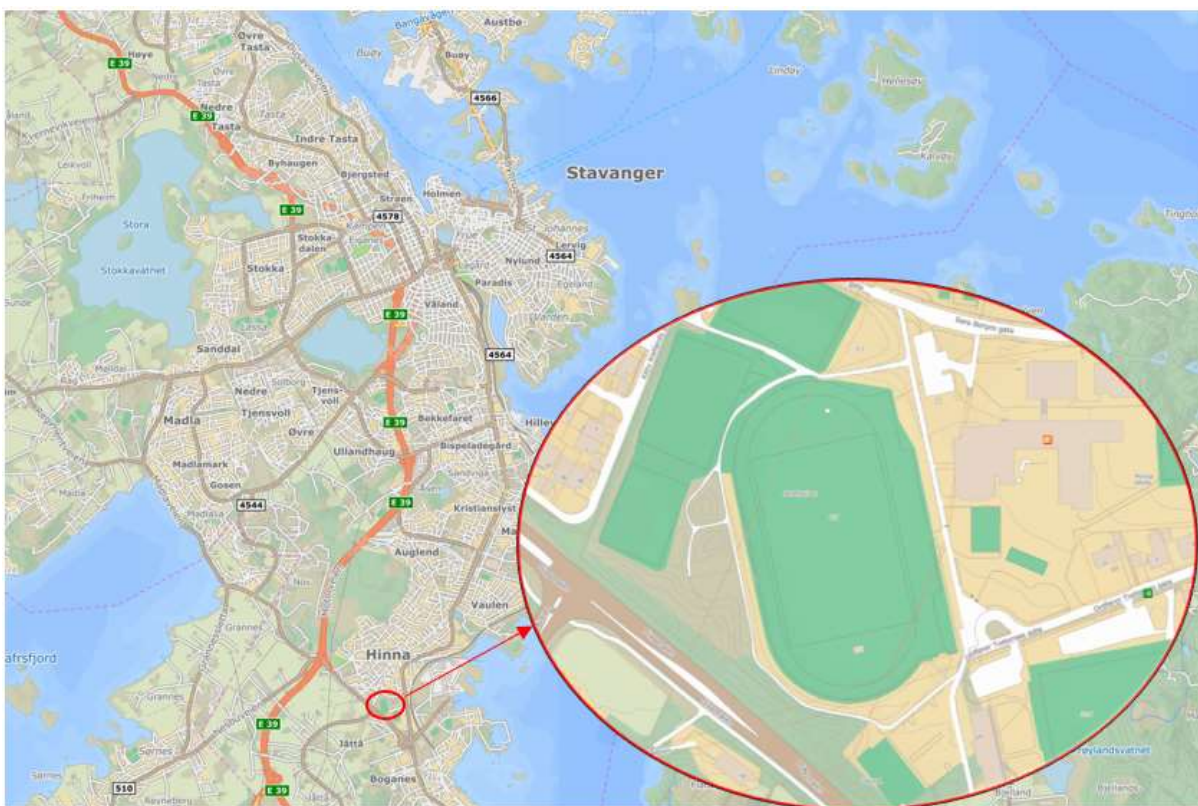
► Hinna friidrettsanlegg - Geoteknisk/vegteknisk prosjektering av overbygning

1 Innledning

Stavanger kommune vil oppgradere Hinna friidrettsbane med løpebanedekke av kunststoff. Det aktuelle området ligger sør for krysset Sara Berges gate og Kitty Kielands gate på Hinna i Stavanger, se plassering i Figur 1.

Prosjektet er igangsatt for å møte friidrettens behov og forventninger til en moderne sportsarena. Norconsult har tidligere vært engasjert for å utføre grunnundersøkelser og utarbeide et skisseprosjekt [1] som skal synliggjøre og beskrive oppgraderingsbehovet, anleggets anbefalte dimensjoner samt utarbeide et grovt estimat for nødvendige investeringskostnader.

På bakgrunn av dette har Stavanger kommune besluttet å detaljprosjekttere tiltaket. Norconsult Norge AS er engasjert til detaljprosjekteringen, herunder også som rådgivende ingeniør geoteknikk (RIG)



Figur 1: Oversiktsbilde over aktuelt område (kilde: kart.finn.no)

2 Grunnlag

Norconsult har tidligere gjort geotekniske grunnundersøkelser og innledende geotekniske vurderinger for tiltaket [1].

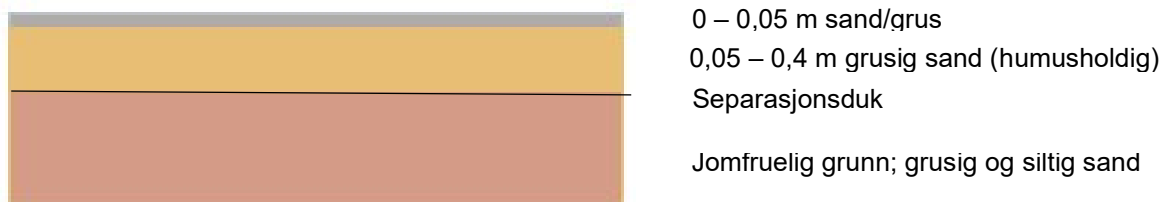
Grunnundersøkelsene ble gjennomført som prøvegravinger med gravemaskin i totalt 6 posisjoner, som viste overbygning av fin sand og grus over grus og sand til ca. 30-40 cm dybde. Det er lagt fiberduk mellom overbygning og undergrunn. Undergrunn virker å bestå av silt med varierende innhold av sand og leire. Se gjengivelse av observasjoner og løsmasseprofil fra tidligere rapport under:

Nordøst på området (se PG06) påtreffes også et lag med større stein mellom generell overbygning og undergrunn. Trolig er dette et fyllmasselag for utjevning av området før fotballmatten ble etablert.

Observasjoner i felt og analyser ved lab gir følgende:

- Tilbakefyllingsmassene over separasjonsduken, består av er sand og grus som klassifiseres som lite telefarlige (telefarlighetsklasse T2).
- Det er humusinnholdige masser i overbygning.
- Generelt har stedlige masser en oppførsel lik mellomjordartene; omrøring i massene medfører at massene går over i en flytende tilstand ved høyt vanninnhold.

Generelt løsmasseprofil er skissert i Figur 2.



Figur 2: – Generelt løsmasseprofil

2.1. Kritiske forhold påpekt i skisseprosjekt

- Antatt høy grunnvannsstand
- Antatt mulighet for meget telefarlige (T4) masser i undergrunn

3 Vurderinger

Eksisterende løpebane har pr. dags dato problemer med drenering, og i regnfylte perioder samler det seg dammer på grusdekket rundt fotballbanen. Langs kunstgresset er det etablert drenering som leder vann vekk fra området, men dette har vist seg å ikke vær tilstrekkelig i større/lengre nedbørsperioder.

3.1. Bæreevne/drenering

Basert på bilder og beskrivelser sliter banen med vannansamling og oppbløtning ved nedbør. Dette indikerer manglende drenerende evne ved massene i overbygningen og undergrunn. Det anbefales derfor at ny overbygning etableres med et åpent pukklag (for eksempel Fk 11/63) som beholder sin styrke ved vannmetting, og som kan drenere overliggende masser.

Det er et ønske om å beholde eksisterende betongkant og renne på hver side av løpebanen. Det må graves så nære disse som man klarer, og vises ekstra oppmerksomhet for å få til god komprimering inn mot konstruksjonene.

3.2. Frostsikring

Frostmengden med 10 års gjentakelsesintervall, F10, for området ved Hinna er 2494 timegrader (h°C) i henhold til Statens vegvesens frostsonekart (<http://www.vegvesen.no/kart/visning/frostsonekart>).

For frostsikring med steinmaterialer iht. Statens vegvesens N200, Figur 3.2.2-1[2], starter kurvene ved 2000 timegrader, og frostsikring korrigert for årsmiddeltemperatur gir behov for ca. 0,75 meter overbygning. I dette prosjektet vurderes dog ikke frostsikring med steinmaterialer på nivå med kvalitetskrav for vei å være verken hensiktsmessig eller aktuelt.

For frostsikring med XPS, iht. N200 Figur 3.2.4-1 [2], begynner kurvene, gitt årsmiddeltemperatur over 6 grader, på 7000 timegrader. Dvs. at frostmengden på Hinna er så lav at det ikke slår inn på kurvene for frostsikring med XPS.

Basert på dette vurderes det generelt ikke å være hensiktsmessig for frostsikring med XPS for friidrettsbanen, selv om grunnforholdene skulle bestå av telefarlige masser.

Derimot vurderes det å være hensiktsmessig å gjøre en utkiling ved overganger i dybder, for eksempel ved graving av rør/kabler eller lignende der arbeidene innebærer utskifting av stedlige masser med steinmasser. Dette for å utjevne evt. bevegelser forårsaket av variasjon i grunnforhold under banen. Utkilingen anbefales utført med helning 1:10 i banens lengderetning.

Unntaket er ved tydelige større ujevnheter som kan vurderes å skyldes ujevne telehiv. Dersom dette finnes på banen anbefales bruk av 5 cm XPS.

4 Anbefalt overbygning

Basert på beskrivelser, prøvegraving og vurderingene omtalt i dette notatet, anbefales følgende overbygning for etablering av nytt kunstbanedekke:

- Dekke - Baneteknisk oppbygning
- Bærelag - 10 cm Fk 4/22, 4/32 eller 1/32 mm
- Forsterkningslag - 25 cm Fk 11/63 mm
- Fiberduk klasse 3 eller bedre mellom tilførte og stedlige masser
- Eventuell utkiling (1:10) ved graving av rør/kabler
- Ved tydelige større ujevnheter som kan vurderes å skyldes ujevne telehiv benyttes 5 cm XPS. Behov vurderes i samråd mellom entreprenør og geotekniker.

Oppdragsgiver: **Stavanger kommune**

Oppdragsnr.: **52401936** Dokumentnr.: **RIG-N01**

5 Referanser

- [1] Norconsults dokument nr. 52307223-RIG01 «Stavanger Kommune, Hinna Friidrettsbane, Geotekniske grunnundersøkelser og innledende vurderinger» datert 2023-10-23
- [2] Statens vegnormal vegvesens N200, år 2022 (https://store.vegnorm.vegvesen.no/n200_2022)

J01	2024-06-10	For bruk	Greger Lyngedal Wian	Keren Schwartz	Michael Klages
A01	2024-06-02	For intern kontroll	Greger Lyngedal Wian		
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Stavanger Kommune

► Hinna Friidrettsbane

Geotekniske grunnundersøkelser og innledende vurderinger

Oppdragsnr.: 52307223 Dokumentnr.: RIG01 Versjon: J01 Dato: 2023-10-23



Oppdragsgiver: Stavanger Kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Trygve Finnestad
Rådgiver: Norconsult Norge AS, Jåttåflaten 27, NO-4020 Stavanger
Oppdragsleder: Margaret Egeland
Fagansvarlig: Martin Holst

Nøkkelinfo	Forklaring	
Emneord	Geotekniske grunnundersøkelser, Datarapport	
Fylke	Rogaland	
Kommune	Stavanger	
Sted	Hinna	
Koordinatsystem	UTM sone 32	
Høydesystem	NN2000	
Prosjektkoordinater	Nord: 6535478	Øst: 311176

J01	2023-10-23	Grunnlag til skisseprosjekt	Margaret Egeland	Martin Holst	Margaret Egeland
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Innhold

1	Innledning		4
1.1	Bakgrunn	Feil! Bokmerke er ikke definert.	
1.2	Formål og hensikt		4
1.3	Om bruk av rapporten og dataene		4
1.4	Aktuelt område		4
1.5	Løsmassekart		5
1.6	Kartstudie		5
2	Felt- og laboratoriearbeid		6
2.1	Generell informasjon om feltarbeidet		6
2.2	Generell informasjon om laboratoriearbeidet.		6
3	Resultater grunnundersøkelser		7
3.1	Laboratorietesting		7
3.2	Resultater fra prøvegraving		7
3.2.1	Prøvegrop nr. 01 (PG01)		7
3.2.2	Prøvegrop nr. 02 (PG02)		8
3.2.1	Prøvegrop nr. 03 (PG03)		8
3.2.2	Prøvegrop nr. 04 (PG04)		9
3.2.3	Prøvegrop nr. 05 (PG05)		10
3.2.4	Prøvegrop nr. 06 (PG06)		10
4	Innledende vurderinger		12
4.1	Kritiske forhold		13
	Referanser		14

Tegninger

Innhold	Format	Målestokk	Tegn.nr.
Prøvetakingsplan	A1	1:500	101

Vedlegg

Innhold	Vedlegg nr.
Resultat laboratorieundersøkelser	A

1 Innledning

1.1 Formål og hensikt

I forbindelse med planlagt opparbeidelse av løpematte rundt fotballbanen på Hinna har Norconsult, i samråd med Stangeland Maskin, utført prøvegravinger for å undersøke dagens grunnforhold.

Hensikten med foreliggende rapport, er å beskrive registrerte grunnforhold, samt gi en innledende geoteknisk vurdering som grunnlag til Norconsult sitt skisseprosjekt. Herunder føringer for opparbeidelse av ny løpebane med god drenering og bæredyktig underlag.

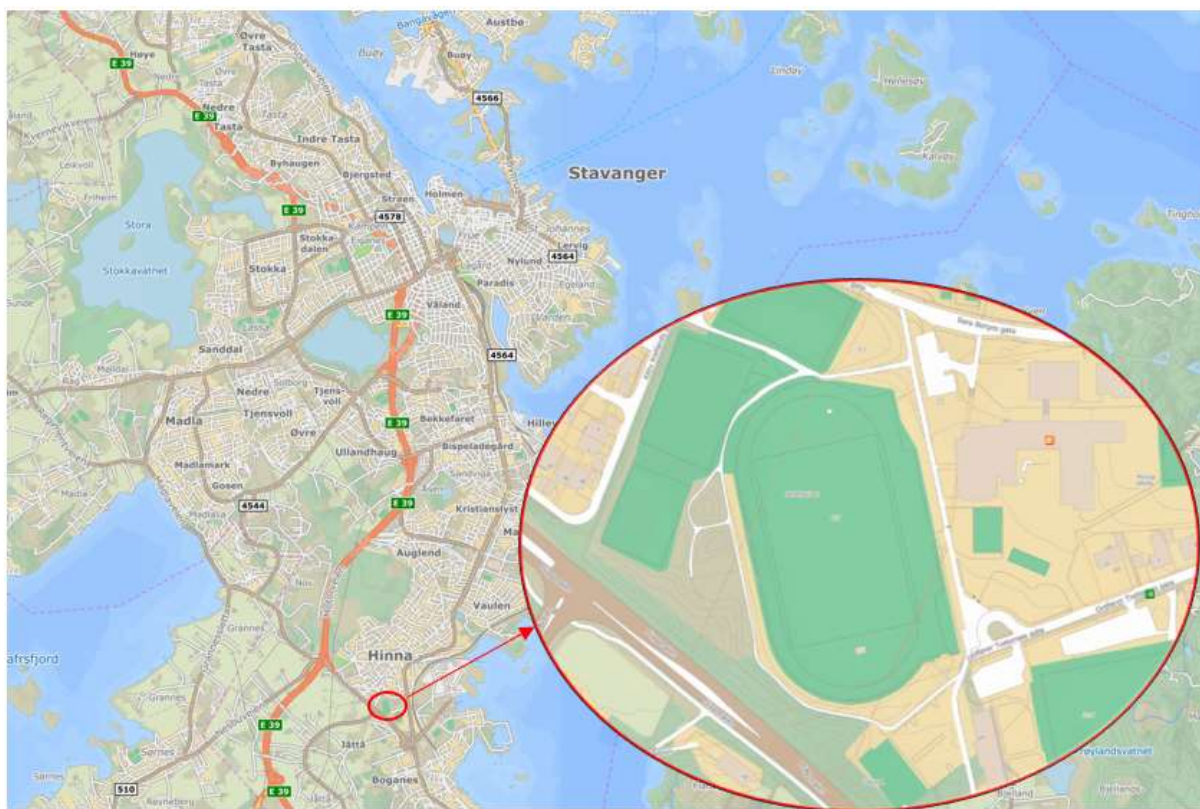
Videre prosjektering av løpebanen må ivaretas av andre fag i prosjektet.

1.2 Om bruk av rapporten og dataene

Det må presiseres at resultatene fra felt- og laboratoriearbeidet er forbundet med en naturlig usikkerhet og strengt tatt bare er gyldig i de undersøkte posisjonene. Avvik i grunnforholdene i områdene rundt og mellom de undersøkte posisjonene kan ikke utelukkes. Resultater må derfor ikke anvendes ukritisk.

1.3 Aktuelt område

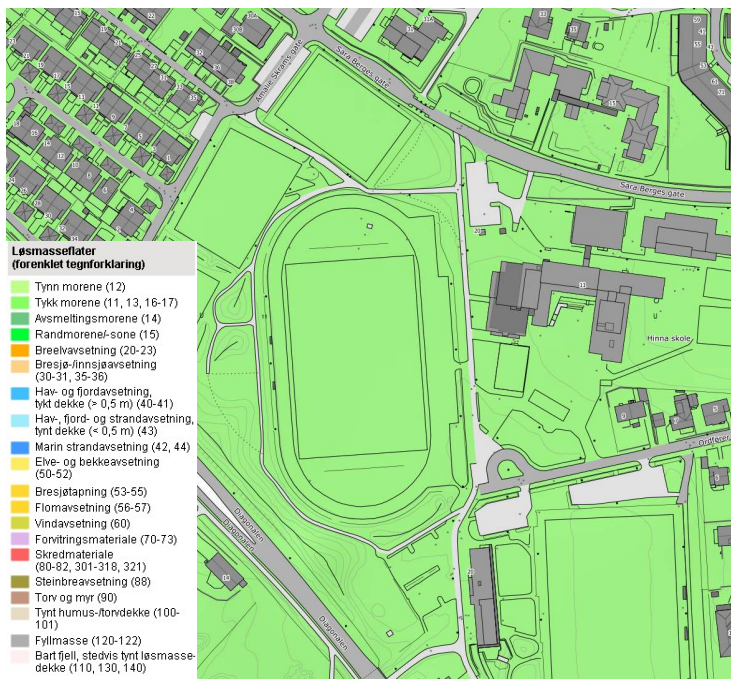
Det aktuelle området ligger på Hinna, sør for Stavanger. Selve undersøkelsesområdet omfatter en løpebane rundt en kunstgressbane (Hinnabanen). Se aktuelt område på Figur 1.



Figur 1 Oversiktsbilde over aktuelt område [1]

1.4 Løsmassekart

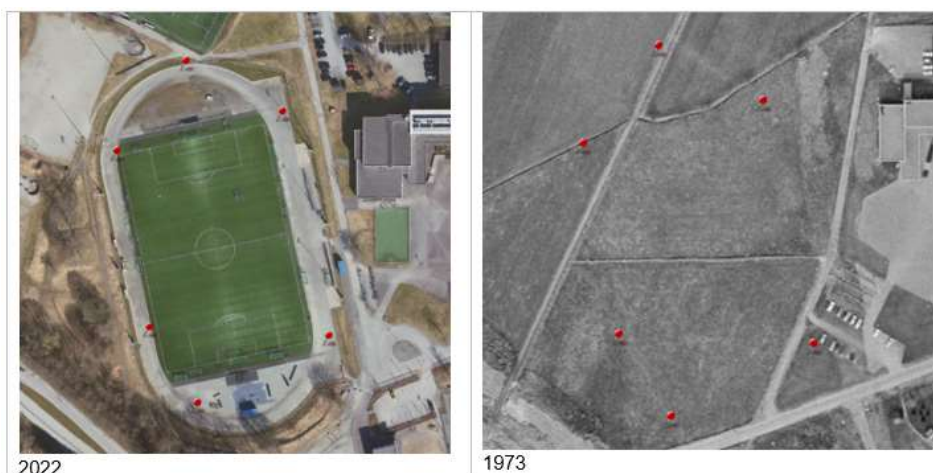
Iht. NGU sitt løsmassekart vist i Figur 2, består området av moreneavsetninger. Området ligger i sin helhet under marin grense. Løsmassekartet til NGU gir kun en indikasjon på hva et øvre lag i jordprofilen består av. For å få kjennskap til grunnens egenskaper i dybden er det nødvendig med geotekniske undersøkelser.



Figur 2 Løsmassekart fra NGU [2]

1.5 Kartstudie

Iht. historiske foto, har tomten tidligere vært brukt til dyrket mark, og første utbygging av området skjedde mellom 1973 og 1999. Se flyfoto fra området i 2022 og 1973 i Figur 3. Røde pinner indikerer omtrentlig plassering av prøvegravingen som er utført på området.



Figur 3 Flyfoto fra det aktuelle området [1]

2 Felt- og laboratoriearbeid

Prøvegravingsposisjoner og tilhørende terrenghøyder er målt inn med GPS. Nedenstående tabell oppsummerer utført feltarbeid mht. posisjon, undersøkelsesmetode og total dybde for prøvegravingene.

Tabell 1 Borpunktliste

Borpunkt	UTM32 og NN2000			Metode	Gravedybde	
	X (Nord)	Y (Øst)	Z (Høyde)		Løsm. [m]	Berg [m]
PG01	6535560,90	311162,00	7,90	PG	0,75	-
PG02	6535519,10	311127,30	7,80	PG	0,5	-
PG03	6535454,60	311137,80	7,80	PG	0,5	-
PG04	6535401,70	311164,00	7,80	PG	0,5	-
PG05	6535442,00	311222,40	7,90	PG	0,6	-
PG06	6535531,10	311207,60	7,90	PG	1,0	-

PG: Prøvegrop

2.1 Generell informasjon om feltarbeidet

Tabell 2 Generell informasjon feltarbeid

Feltarbeid	
Dato for utførelse	2023-09-28
Gravearbeider	Stangeland Maskin AS
Prøvetaking	Norconsult Norge AS

2.2 Generell informasjon om laboratoriearbeidet.

Tabell 3 Generell informasjon laboratoriearbeid

Laboratoriearbeid	
Dato for utførelse	2023-10-03 – 2023-10-16
Laborant	Vibeke Silseth Aspen
Relevante standarder	Ref. [3]
Resultater	Vedlegg A

3 Resultater grunnundersøkelser

Det ble utført prøvegravinger og uttak av prøver i 6 posisjoner med prøvegravingsgroper med dybde fra 0,5 – 1 m dybde, rundt fotballbanen som vist på tegning nr. 101.

3.1 Laborrietesting

Utvalgte prøver er rutinetestet og klassifisert. Resultater fra laboratorieundersøkelser er vist i vedlegg A.

3.2 Resultater fra prøvegraving

Registrerte observasjoner og bilder fra prøvegroperne er presentert i Tabell 4 til Tabell 9, og Figur 4 til Figur 9. Det ble ikke observert grunnvann i noen av prøvegroperne.

3.2.1 Prøvegrop nr. 01 (PG01)

Tabell 4 Beskrivelse av grunnforhold, PG01

Dybde [m]	Beskrivelse
0 – 0,05	Fin sand/grus med grå farge. (Prøve PG01-1)
0,05 – 0,3	Grus og sand med brunlig farge. (Prøve PG01-2)
	Duk.
0,3 →	Sandig silt med grå farge. Innslag av grus. (Prøve PG01-3)



Figur 4 Bilder fra prøvegraving, PG01

3.2.2 Prøvegrop nr. 02 (PG02)

Tabell 5 Beskrivelse av grunnforhold, PG02

Dybde [m]	Beskrivelse
0 – 0,05	Fin sand/grus med grå farge. (Prøve PG02-1)
0,05 – 0,4	Grus og sand med brunlig farge. (Prøve PG02-2)
	Duk.
0,4 →	Leirig, sandig silt med grå farge. Innslag av noe større steiner. (Prøve PG02-3)



Figur 5 Bilder fra prøvegraving, PG02

3.2.1 Prøvegrop nr. 03 (PG03)

Tabell 6 Beskrivelse av grunnforhold, PG03

Dybde [m]	Beskrivelse
0 – 0,05	Fin sand/grus med grå farge. (Prøve PG03-1)
0,05 – 0,4	Grus og sand med brunlig farge. (Prøve PG03-2)
	Duk.
0,4 →	Leirig, sandig silt med grå farge. Innslag av noe større steiner. Regnvann fylles fort opp i grop. (Prøve PG03-3)



Figur 6 Bilder fra prøvetaking, PG03

3.2.2 Prøvegrop nr. 04 (PG04)

Tabell 7 Beskrivelse av grunnforhold, PG04

Dybde [m]	Beskrivelse
0 – 0,05	Fin sand/grus med grå farge. (Prøve PG04-1)
0,05 – 0,4	Grus og sand med brunlig farge (Prøve PG04-2)
	Duk
0,4 →	Sandig silt med grå farge. Innslag av noe større steiner. (Prøve PG04-3)



Figur 7 Biler fra prøvegraving, PG04

3.2.3 Prøvegrop nr. 05 (PG05)

Tabell 8 Beskrivelse av grunnforhold, PG05

Dybde [m]	Beskrivelse
0 – 0,05	Fin sand/grus med grå farge. (Prøve PG05-1)
0,05 – 0,3	Grus og sand med brunlig farge. (Prøve PG05-2)
	Duk.
0,3 →	Sandig silt med grå farge. Innslag av noe større steiner. (Prøve PG05-3)



Figur 8 Bilder fra prøvegraving, PG05

3.2.4 Prøvegrop nr. 06 (PG06)

Tabell 9 Beskrivelse av grunnforhold, PG06

Dybde [m]	Beskrivelse
0 – 0,05	Fin sand/grus med grå farge. (Prøve PG06-1)
0,05 – 0,3	Grus og sand med brunlig farge. (Prøve PG06-2)
	Duk
0,3 – 0,9	Stein/pukk og sand. Største stein med størrelse 10 – 15 cm i diameter.
0,9 →	Sandig silt med grå farge. Innslag av grus. (Prøve PG06-4)



Figur 9 Bilder fra prøvegraving, PG06

4 Innledende vurderinger

Eksisterende løpebane har pr. dags dato problemer med drenering, og i regnfylte perioder samler det seg dammer på grusdekket rundt fotballbanen. Langs kunstgresset er det etablert drenering som leder vann vekk fra området, men dette har vist seg å ikke vær tilstrekkelig i større/lengre nedbørsperioder. Det forsøkes derfor, ifm. opparbeidelse av ny løpebane, å etablere en overbygning som også drenerer vekk overvannet. Samtidig skal det også sikres at banen har et bæredyktig underlag for friidrett-aktivitet, samt drift og vedlikehold av maskiner.

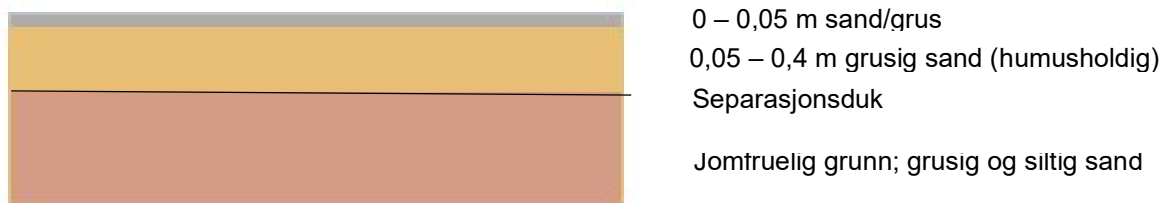
Generelt kan grunnforholdene rundt idrettsbanen beskrives som et tynt lag med sand/grus, over humusholdig sandig grus, over jomfruelig grunn bestående av grusig og siltig sand. Massene, både i overbygningen (oppfylt grusig sand og sandig grus) og undergrunnen (jomfruelig grunn), har varierende innhold av større stein. Det ligger en separasjonsduk mellom overbygning og undergrunn.

Nordøst på området (se PG06) påtreffes også et lag med større stein mellom generell overbygning og undergrunn. Trolig er dette et fyllmasselag for utjevning av området før fotballmatten ble etablert.

Observasjoner i felt og analyser ved lab gir følgende:

- Tilbakefyllingsmassene over separasjonsduken, består av er sand og grus som klassifiseres som lite telefarlige (telefarlighetsklasse T2).
- Det er humusinnholdige masser i overbygning.
- Generelt har stedlige masser en oppførsel lik mellomjordartene; omrøring i massene medfører at massene går over i en flytende tilstand ved høyt vanninnhold.

Generelt løsmasseprofil er skissert i Figur 10.



Figur 10 – Generelt løsmasseprofil

For å ivareta ønske om opparbeidelse av bæredyktig overbygning med gode drenerende egenskaper, anbefales det at eksisterende overbygning med humusholdige fyllmasser (ca. 30-40 cm under terreng), fjernes. Der det er større stein/grovere masser under dette laget (nordøst på området ved PG06), kan dette bli liggende igjen da dette bidrar til avretting av området. Laget må forkiles med egnet fraksjon som ivaretar videre oppbygging.

Oppbyggingen må prosjekteres av vegteknisk rådgiver/vegteknolog. Videre oppfylling må således skje med egnede drenerende fraksjoner iht. vegteknolog/spesialists føringer. Det bør vurderes å nytte seperasjonsduk mellom stedlige og tilførte masser. Kontakt med dens og dretnsløsning må vurderes av VA-teknisk prosjekterende.

Alle tilførte masser komprimeres i henhold til krav i NS3458, normal komprimering, dersom vegteknolog/spesialist ikke gir andre føringer.

4.1 Kritiske forhold

Det ble ikke observert grunnvann i noen av prøvegroppene under prøvegravingen. Likevel er det rimelig å anta, basert på erfaringer fra området, at grunnvannet trolig står i flukt med jomfruelig grunn. Det kan derfor ikke utelukkes at friksjonsmassene i topplaget fylles opp under store nedbørsmengder. Dette må medtas i videre vurderinger av dreisløsning.

Det har ikke vært mulig å gjøre korngraderingsforsøk på prøvene fra jomfruelig grunn, grunnet lavt innhold av finstoff i prøvemassen. Med bakgrunn i kjennskap til grunnforhold i området, fra nærliggende prosjektområder, er det naturlig å tro at fotballbanen ligger i en overgangssone med T2-masser like sør for fotballbanen, og T4-masser like nord for den. Med bakgrunn i dette, kan det ikke utelukkes at det ligger T4-masser i den jomfruelige grunnen under løpebanen også. I så måte må det vurderes hvorvidt løpebanen må frostsikres iht. dette. En robust løsning for å ivareta dette, vil være å frostsikre hele banen og anta at jomfruelig grunn består av T4-masser. Eventuelt må det gjøres vurderinger av massene underveis under utgraving for å dokumenter eventuell overgangssone mellom T2- og T4-masser, og/eller bruke fraksjoner i overbygningen som kan redusere nødvendig frostsikringsdybde.

Ved avvikende grunnforhold/masser i oppbyggingen bør geotekniker kontaktes.

Referanser

- [1] Norkart, «Finn kart,» [Internett]. Available: <https://kart.finn.no/>.
- [2] Norges Geologiske undersøkelse (NGU), «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/.
- [3] Statens vegvesen, Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser, Statens vegvesen, 2016.
- [4] Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 11 - Veiledning for utførelse av prøvetaking, Norsk geoteknisk forening, 2013.
- [5] Statens vegvesen, Håndbok R211 Feltundersøkelser, Statens vegvesen, 1997.
- [6] Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 6 - Veiledning for måling av grunnvannstand og poretrykk. Revisjon 2, 2017., Norsk geoteknisk forening, 1989.
- [7] Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 9 - Veiledning for utførelse av totalsondering. Revisjon 1, 2018., Norsk geoteknisk forening, 1994.
- [8] Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 5 - Veiledning for utførelse av trykksondering. Revisjon 3, 2010, Norsk geoteknisk forening, 1982.



FORKLARINGER

- Prøvegrop
- Terrengkote
Bergkote Gravd dybde i løsmasser

X:\NOROPDRAG\STAVANGER\52307\223\BIM\GEO\TEKNIKK\MODELL\AUTOGRAF_RIT\Prøvegravingsplan.dwg - MarEge - Plottet: 2023-10-23 15:31:5 - RASTER = C:\USERS\MAREGE\DOWNLOADS\EXPORT - 2023-08-19\091714_743.TIF

Rev.	Dato	Beskrivelse	MarEge	MaHols	MarEge
Z01	2023-10-23	Som utført	MarEge	MaHols	MarEge
			Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Stavanger Kommune Målestokk (gjelder A1)
1:500

Hinna friidrettsbane

Prøvegravingsplan

Stavanger kommune

► Hinna friidrettsbane

Geoteknisk laboratorierapport

Oppdragsnr.: 52307223 Dokumentnr.: RIG-LAB01 Versjon: J01 Dato: 2023-10-16



Illustrasjonsfoto

Oppdragsnavn Hinna friidrettsbane
Oppdragsgiver: Stavanger kommune
Rådgiver: Norconsult Norge AS, Grandfjæra 24, NO-6415 Molde
Fagansvarlig lab: Hilde Risung
Ansvarlig geotekniker Margaret Egeland
Andre nøkkelpersoner: Vibeke Silseth Aspen

Prøver mottatt 03.10.23
Representative prøver 19 stk.
Dato oppstart for prøvingen 04.10.23

Oppdragsnummer LAB: 52307755
Oppdragsnummer GEO: 52307223

J01	2023-10-16	Til bruk	VibAsp	HiRis	VibAsp
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult Norge AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult Norge AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Innhold

1	Forsøksresultater	4
2	Korngraderingsanalyser	5
3	Referanser	6
4	Rapportering	7

1 Forsøksresultater

Tabell 1: Opptatte prøver og laboratoriearbeid

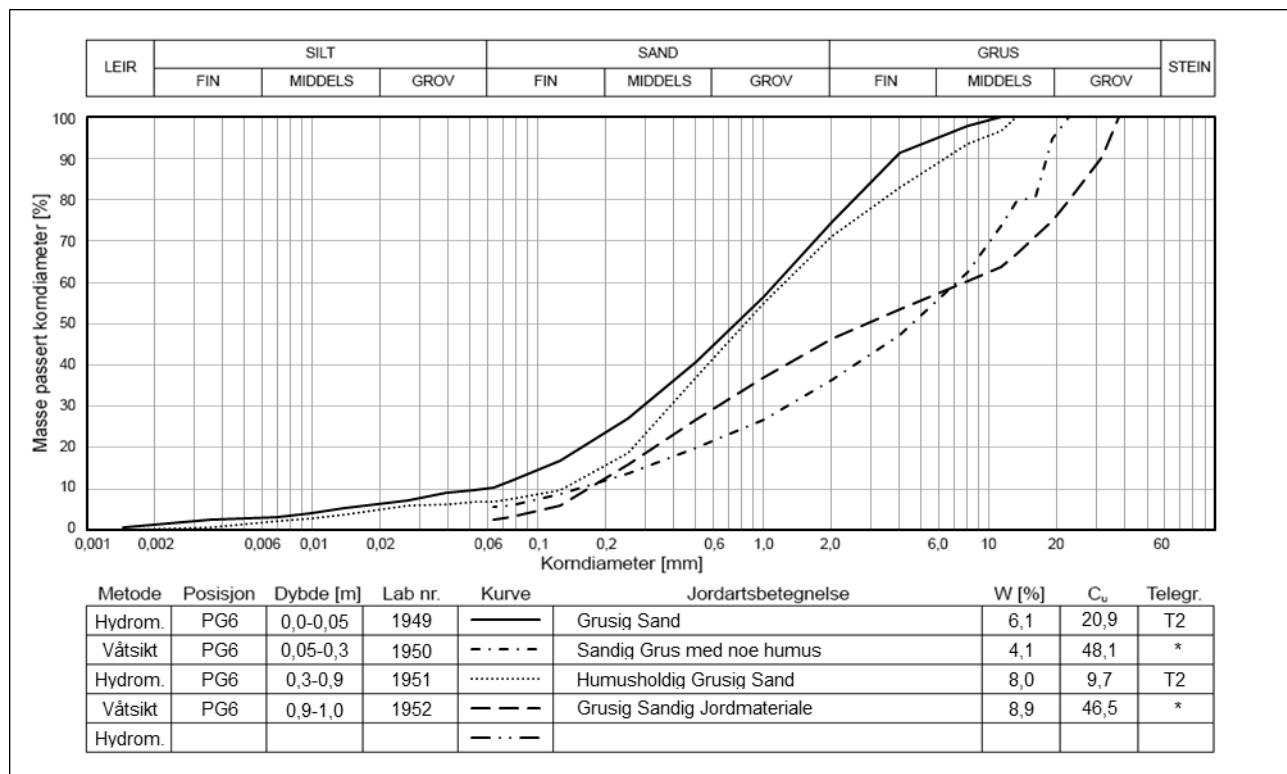
Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	TG [-]	GI [%]
PG1	P	0,0-0,05	Sand med gruskorn	8,2		
PG1	P	0,05-0,3	Sandig grus, virker humusholdig	3,5		
PG1	P	0,3-0,75	Grusig sand	6,3		
PG2	P	0,0-0,05	Sand med små gruskorn	6,7		
PG2	P	0,05-0,4	Sandig grus, med noe humus	4,0		1,1
PG2	P	0,4-0,5	Siltig sand, enkelte gruskorn	8,8		
PG3	P	0,0-0,05	Sand med små gruskorn	7,3		
PG3	P	0,05-0,4	Sandig grus, virker humusholdig	2,9		
PG3	P	0,4-0,5	Siltig sand	9,1		
PG4	P	0,0-0,05	Grusig sand, virker humusholdig	5,8		
PG4	P	0,05-0,4	Sandig grus, virker humusholdig	2,3		
PG4	P	0,4-0,5	Grusig sand med stein	5,2		
PG5	P	0,0-0,05	Sand med gruskorn	6,9		
PG5	P	0,05-0,3	Grus	1,4		
PG5	P	0,3-0,5	Sand med gruskorn	6,6		
PG6	P	0,0-0,05	Grusig Sand	5,7	T2	
PG6	P	0,05-0,3	Sandig Grus med noe humus	3,4	*	1,2
PG6	P	0,3-0,9	Humusholdig Grusig Sand	5,8	T2	2,0
PG6	P	0,9-1,0	Grusig Sandig Jordmateriale	8,2	*	

Jordartsklassifisering basert på korngrederingsanalyser er markert med **fet skrift**, andre prøver er visuelt klassifisert.

Symboler:

P	Poseprøve (representativ)
W	Naturlig in-situ vanninnhold
TG	Telefaregruppe (T1-T4)
GI	Glødetapsmåling

2 Korngraderingsanalyse



Figur 1 Korngraderingskurver i posisjon PG6

3 Referanser

- Ref. 1 SVV (2016): *Håndbok R210 – Laboratorieundersøkelser. Statens vegvesen*
- Ref. 2 NGF (2011): *Melding nr. 2 – Veiledning for symboler og definisjoner i geoteknikk, identifisering og klassifisering av jord. Norsk geoteknisk forening, datert 2011.*
- Ref. 3 CEN ISO/TS 17892-1:2014 *Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Laboratorieprøving av jord - Del 1: Bestemmelse av vanninnhold.*
- Ref. 4 CEN ISO/TS 17892-4:2016 *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 4: Determination of particle size distribution.*

4 Rapportering

❖ Vanninnhold

Vanninnhold regnes som forhold mellom masse vann og masse tørrstoff i prøven. Vanninnhold kan bestemmes både for representative- og uforstyrrede prøver.

$$w = \frac{\text{masse fuktig} - \text{masse tørr}}{\text{masse tørr prøve}}$$

Vanninnhold bestemmes ved veiing før og etter tørking av materialet til konstant vekt.

Vanninnholdene i

Tabell 1 og kornfordelingskurvene, som er fra samme prøvedybde, kan variere. Ved avvik benyttes vanninnholdet fra Tabell 1.

❖ Kornfordeling, klassifisering, telefarlighet og gradering

Kornfordeling defineres som masseandel av standardiserte kornstørrelsesgrupper i prøven.

Kornfordeling av prøvemateriale bestemmes ved bruk av sikter og vekter, samt hydrometer hvis materialet har høyt innhold av finstoff. Materialet kan enten vaskes og tørkes i forkant av siktingen, eller siktes fuktig. Våtsikting evt. kombinert med slemmeanalyse brukes når materialets telefarlighet skal bestemmes (*kombianalyse*).

Resultatene presenteres som kornfordelingskurver der akkumulert %-vekt oppgis mot kornstørrelse. I tilfelle kombianalyse kombineres resultatene fra sikting og hydrometeranalysen til én kurve.

For klassifisering benyttes gruppene oppgitt i Tabell 2.

Tabell 2 Kornstørrelsesgrupper

Fraksjon	Kornstørrelse (mm)
Leire	<0,002
Silt	0,002-0,063
Sand	0,063-2
Grus	2-63
Stein	63-630
Blokk	>630

Primære bestanddeler angis i substantivform, mens de sekundære bestanddelene evt. gis som ett eller flere adjektiver (f.eks. *siltig sandig leire*).

Telefarlighet kan bedømmes ut fra materialets kornfordeling etter Tabell 3.

Tabell 3 Regler for inndeling i telegrupper

Telegruppe	Masseprosent av matr. <20mm		
	<0,002mm	<0,02mm	<0,2mm
Ikke telefarlig T1		< 3	
Litt telefarlig T2		3 - 12	
Middels telef. T3	1)	> 12	< 50
Meget telef. T4	< 40	> 12	> 50

1) *jordarter med mer enn 40% < 0,002 mm regnes som middels telefarlige*

Materialets gradering kan bestemmes fra kornfordelingskurvens helning i området der 10% og 60% av materialet passerer ved sikting.

$$c_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Hvis dette av praktiske grunner ikke lar seg utføre brukes d_{75} og d_{25} . Materialets gradering kan beskrives etter retningslinjer gitt i Tabell 4.

Tabell 4 Betegnelser basert på graderingstallet

C_u	Betegnelse
< 5	Ensgradert
5 - 15	Middels gradert
> 15	Velgradert

❖ Humusinnhold

Humusinnhold i mineraljordarter bestemmes med glødetapsmåling og regnes som masse organisk materiale dividert med masse tørrstoff i prøven.

$$GL = \frac{\text{masse tørket} - \text{masse glødet}}{\text{masse glødet prøve}}$$

Humusinnhold kan bestemmes både for representative- og uforstyrrede prøver, og presenteres etter retningslinjer gitt i Tabell 75.

Tabell 5 Betegnelser basert på humusinnhold

%	Betegnelse
2 - 6	Humusholdig
6 - 20	...torv
>20	Torv

❖ Korndensitet

Korndensitet (eller relativ densitet) for finkornede jordarter som leire, silt og sand kan bestemmes ved bruk av pyknometer Korndensiteten regnes som

$$\rho_s = \frac{\text{partiklenes tørrmasse}}{\text{partiklenes reelle volum}}$$

❖ Konsistensgrenser og plasititet

Konsistensgrenser defineres som vanninnholdsområdet der prøven oppfører seg plastisk (formbar). Nedre grensen (plastisitetsgrense, w_p) defineres som vanninnholdet der materialet ikke lenger kan formes uten å sprekke opp. Øvre grensen (flytegrense, w_L) defineres som vanninnholdet der materialet går over til flytende tilstand. Plastisitetsindeks defineres som

$$I_P = w_L - w_p$$

og brukes for å angi det plastiske området for jordarten samt for klassifisering.

❖ Tyngdetetthet

Tyngdetetthet av prøver regnes som masse per volum ganget med jordens grunnakselerasjon. Den kan bestemmes for uforstyrrede prøver, enten for en hel sylinder eller for en mindre prøvebit.

❖ Deformasjons- og konsolideringsegenskaper

Deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved evaluering av forventet setning og tidsforløp ved endring i spenningstilstand. Modellparametere for setningsberegning kan evalueres ved hjelp av belastningsforsøk i laboratoriet. Forsøkene utføres i såkalt ødometerapparat, der prøver belastes vertikalt samtidig som vertikal deformasjon måles. Sideveis deformasjon er hindret av en stiv ring.

Aksiell last, aksiell tøyning og poretrykksforhold under prøven registreres gjennom forsøket. Forsøkene kan utføres med kontinuerlig belastning (CRS/CRP) eller evt. ved en simulert trinnvis belastning.

En generell modell for spenningsmodul kan defineres som

$$M = m\sigma_a \left(\frac{\sigma' - \sigma'_r}{\sigma_a} \right)^{1-n}$$

Formuleringen beskriver konstant-, lineært økende- og parabolisk økende modell, som gjerne benyttes for å beskrive OC leire (konstant med $n=1$), NC leire og fin silt (lineært økende med $n=0$) eller sand og grov silt (parabolisk økende med $n=0,5$).

Tolkning av ødometerforsøk gir verdier på M , m og n .

❖ Skjærfasthet

Drenert skjærfasthet

På effektivspenningsbasis er skjærfastheten avhengig av effektivspenning normalt på bruddplanet.

$$\tau_f = (a + \sigma') \cdot \tan(\phi)$$

Modellparameterne kan bestemmes ved treaksialforsøk i laboratoriet. Spenningsforholdene for slike forsøk bør presiseres av prosjekterende på forhånd slik at resultatene blir mest mulig representative for det aktuelle tilfellet.

Udrenert skjærfasthet

På totalspenningsbasis beskrives skjærfastheten som skjær-belastningen materialet tåler før det bryter sammen. Totalspenningsanalyse analyser benyttes for å beskrive materialopptørking av finkornige jordarter, ved plutselige eller raske spenningsendringer. Udrenert skjærfasthet defineres som

$$c_u = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}$$

Skjærfastheten bestemmes ved en rekke forsøk i laboratorium og i felt, og målemetoden oppgis derfor i parameternavnet etter retningslinjer gitt i Tabell 6.

Tabell 6 Betegnelse for udrenert skjærfasthet basert på målemetode

Udrenert skjærfasthet	Målemetode
C _{uC}	Aktivt teaksialforsøk (compression test)
C _{uE}	Passivt treaksialforsøk (extension test)
C _{uD}	Direkte skjærforsøk
C _{ufc} (uomrørt), C _{urfc} (omrørt)	Konusforsøk
C _{uuc}	Enaksialt trykkforsøk

Residual skjærfasthet etter brudd/omrøring kalles omrørt skjærfasthet, c_{ur} . Omrørt skjærfasthet kan være vesentlig lavere enn uforstyrret skjærfasthet.

Forholdet mellom uforstyrret og omrørt skjærfasthet kalles sensitivitet og defineres som

$$S_t = \frac{C_u}{C_{ur}}$$

Sensitivitet kan presenteres etter retningslinjer gitt i Tabell 7.

Tabell 7 Betegnelse basert på sensitivitet

Betegnelse av sensitivitet	Betegnelse av leire	St (-)
Lav	Lite sensitiv	< 8
Middels	Middels sensitiv	8 - 30
Høy	Meget sensitiv	> 30

Variasjoner i skjærfasthet og presentasjon av måledata

Udrenert skjærfasthet er avhengig av bruddflatens retning ift. hovedspenningenes retning in-situ. Udrenert skjærfasthet fra alle spenningsområder (aktivt-, direkte- og passivt spenningsområde) kan evalueres med forsøk listet opp i Tabell 6.

I tillegg til å måle varierte materialeegenskaper vil bestemmelser av den samme parameteren ha en viss spredning på grunn av de ulike forsøktypene.

Resultater fra enkelte forsøk kan være påvirket av flere faktorer (som f.eks. steininnhold eller interne sprekker i prøvebiten).

Ved visuell presentasjon av måleresultater plottes alle typer forsøk på samme figur, med én målestokk for skjærfastheten C_u . Forsøktypen oppgis med symbol på figuren.

Ved sammenstilling av laboratoriedata utføres ingen korrigerende for anisotropi.

❖ Prøvelagring

Hvis laboratorieforsøk ikke utføres umiddelbart etter ankomst til laboratoriet, blir prøvene lagret i et eget kjølerom.

Kjølerommet har lufttemperatur på ca. 5°C.