



SINTEF

# Rapport

## Solide belegninger av Altaskifer i utemiljø

Kunnskapsbaserte anbefalinger for bruk av Altaskifer i utendørs dekker

### Forfatter:

Lisbeth Alnæs

### Rapportnummer:

2022:01165 - Fortrolig

### Oppdragsgiver

Alta Skiferbrudd Sa



# Rapport

## Solide belegninger av Altaskifer i utemiljø

Kunnskapsbaserte anbefalinger for bruk av Altaskifer i utendørs dekker

**EMNEORD**

Skifer  
Naturstein  
Dekker  
Overbygning  
Testfelt

**VERSJON**

1.0

**DATO**

2022-11-22

**FORFATTER(E)**

Lisbeth Alnæs

**OPPDRAGSGIVER(E)**

Alta Skiferbrudd Sa

**OPPDRAGSGIVERS REFERANSE**

Asbjørn Wang

**PROSJEKTNUMMER**

102021505

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG**

22+0

**SAMMENDRAG**

Foreliggende rapport er basert på aktiviteter og resultater fra det regionale forskningsprosjektet SkiferSolid - *Solide belegninger av Altaskifer i utemiljø* (prosjektnr. 299272), som har pågått i 2019-2022 med økonomisk støtte fra RFF Arktis og med Alta Skiferbrudd Sa, Verte Landskap AS, Odd Erik Opheim AS og SINTEF AS som partnere. Rapporten sammenstiller faktainformasjon og anbefalinger for bruk av Altaskifer i utendørs belegninger, og med formål at dette skal gi verktøy og trygghet for prosjektpartnere og for beskrivende ledd ved planlegging, prosjektering, utførelse og leveranse til belegningsprosjekter med Altaskifer.

Innholdet i rapporten er tenkt å kunne anvendes og tilgjengeliggjøres av Alta Skiferbrudd Sa, kunne anvendes i anbudsdokumenter og ved prosjektering av belegningsprosjekter med Altaskifer, samt å gi økt kunnskap og bevissthet rundt bærekraftige produkter, tekniske løsninger og utførelse for dekker med Altaskifer.

**UTARBEIDET AV**

Lisbeth Alnæs

SIGNATUR

**KONTROLLERT AV**

Stein Olav Christensen

SIGNATUR

**GODKJENT AV**

Sindre Log

SIGNATUR

  
Sindre Log (Mar 6, 2023 15:37 GMT+1)**RAPPORT NR.**

2022:01165

**ISBN**Klikk eller trykk her  
for å skrive inn**GRADERING**

Fortrolig

**GRADERING DENNE SIDE**

Åpen

# Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
01	2022-11-22	Rapportutkast oversendt Alta Skiferbrudd Sa
1.0	2023-03-06	Ferdigstilt rapport

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Rapportens formål og innhold .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Altaskiferen.....</b>	<b>5</b>
2.1	Bergarten .....	5
2.1.1	Anbefaling til geologisk beskrivelse av Altaskifer i anbud .....	5
2.2	Råstoffet - Forekomsten og uttaksvirksomheten .....	6
2.3	Produksjonsdata - Produktene og ressursutnyttelsen.....	7
2.4	Produktdata - Belegningsheller av Altaskifer til utendørs dekker .....	8
2.4.1	Standardprodukter, produksjonskapasitet og bærekraft.....	8
2.4.2	Anbefaling til dimensjonstoleranser i anbud.....	9
2.5	Tekniske egenskapsdata .....	10
2.5.1	Anbefaling til tekniske krav i anbudsdokumenter.....	11
2.6	Styrkerelasjon mellom Altaskifer og granitt .....	11
2.7	Miljøegenskaper, levetid, gjenbruksmuligheter .....	13
<b>3</b>	<b>Anbefalinger - Dekker med Altaskifer i utemiljø .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Overbygning .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>Ubunden, bunden og kombinert utførelse.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3</b>	<b>Anbefalinger Altaskifer .....</b>	<b>18</b>
	<b>Referanser.....</b>	<b>22</b>

# 1 Rapportens formål og innhold

Det regionale forskningsprosjektet SkiferSolid – Solide belegninger av Altaskifer i utemiljø (2019-2022, prosjektnummer 299272), med finansiell støtte fra RFF Arktis, har hatt som hovedmål å etablere og formidle kunnskapsbaserte anbefalinger til og dokumentasjon på hvordan Altaskifer best anvendes i utendørs belegninger i typiske brukssituasjoner.

Alta Skiferbrudd Sa har vært prosjekteier for RFF-prosjektet, med industripartnerne Verte Landskap AS og Odd Erik Oppheim AS samt forskningspartner SINTEF AS, som har hatt prosjektledelsen.

Basert på prosjektarbeidet er det i foreliggende rapport sammenstilt fakta-informasjon om Altaskiferen og anbefalinger for Altaskifer i utendørs belegninger, og med formål at dette skal:

- være til nytte og gi trygghet for prosjektpartnerne selv i markeds- og salgsarbeid og ved prosjektering og utførelse i nye utbyggingsprosjekter.
- gi verktøy og trygghet for beskrivende ledd, inkl. landskapsarkitekter, konsulenter, byggherrer, ved planlegging og prosjektering av belegningsprosjekter med Altaskifer.

Intensjonen er at rapporten kan anvendes og tilgjengeliggjøres av Alta Skiferbrudd Sa på sine hjemmesider på den måten som anses mest hensiktsmessig, f.eks. bruke utdrag i "FAQ, verdt å vite, anvisninger" etc.. Det er videre lagt opp til at faktainformasjon og anbefalinger skal kunne anvendes i anbudsdokumenter og ved prosjektering av belegningsprosjekter med Altaskifer, samt å gi økt kunnskap og bevissthet rundt bærekraftige produkter, tekniske løsninger og utførelse for dekker med Altaskifer. Gjennom rapporten er det eksempler – utformet som "faktabokser" - på hvordan Altaskiferen kan spesifiseres i anbudsdokumenter.

Rapportens innhold og disposisjon er illustrert i nedenstående figur.



Illustrasjon av rapportens innhold.

## 2 Altaskiferen

### 2.1 Bergarten

Altaskiferen er en kvartsskifer, med kvarts, glimmer og feltspat som hovedmineraler. Kvartsskifer er metamorf (omdannet) sandstein som under omdanningsprosessen fikk utviklet rytmiske sjikt av glimmer som bergarten kan spaltes til plater langs. Overflaten som fremkommer ved spalting benevnes som naturflate.

Geologisk er Altaskifer-historien kort fortalt som følger: For omkring 590 mill. år førte nedbrytning av grunnfjellsbergarter til at det i Nord-Norge ble avsatt tykke lag av bl.a. elve- og deltasand – forløperen til Altaskiferen. Påfølgende fjellkjedefoldning var i store trekk med på å bestemme dannelsen av skiferforekomstene i Alta. Bevegelser langs skyveforkastninger førte til at leirmineraler og feltspat ble omformet til glimmersjikt, kvarts ble rekrystallisert til avlange korn bedre "tilpasset" trykkforholdene og de nye mineralene anriket seg i adskilte sjikt. Resultatet ble en kvartsskifer med god kløv, høy styrke og lav porøsitet.

#### 2.1.1 Anbefaling til geologisk beskrivelse av Altaskifer i anbud

I brukssammenheng skal all naturstein følges av handelsnavn, riktig geologisk bergartsnavn og med opplysninger om hvor steinen kommer fra. Disse opplysningene er påkrevd etter gjeldende produktstandarder for naturstein.

Ifølge regelverket for offentlige anskaffelser er det ikke tillatt å spesifisere eller direkte henvise til et spesifikt land, steinbrudd eller en spesifikk natursteinsvariant. Er byggeprosjektet med naturstein ikke omfattet av regelverket for offentlige anskaffelser, men av tilbudsloven, kan man angi spesifikke steintyper forutsatt at man tilføyer "eller tilsvarende", f.eks. "Altaskifer, eller tilsvarende". Da bør man i tillegg angi hvilke relevante visuelle og/eller tekniske egenskaper man legger vekt på. Ved private bygg er det ingen begrensninger med hensyn til å kreve eller spesifisere en bestemt steintype [1].

Det er imidlertid i alle tilfeller lov til å spesifisere – geologisk – hvilken bergartstype man ønsker for et byggeprosjekt. Under er gjengitt riktig klassifisering og betegnelse på Altaskiferen i henhold til NS-EN 12440 Naturstein – Kriterier for betegnelse og NS-EN 12407 Petrografisk beskrivelse, og en bergartsbeskrivelse som kan brukes i anbudsdokumenter.

<b>Klassifisering og beskrivelse av Altaskifer</b>
<b>Bergartsnavn:</b> Kvartsskifer (alternativt bergartsnavn: metaarkose, metasandstein, kvartssittskifer) <b>Handelsnavn:</b> Altakvartsitt <b>Bruddsted:</b> Pæska, Alta kommune, Finnmark <b>Farge, mønster, struktur:</b> Altaskiferens overflatestruktur og farge varierer fra ru og mørk grå til slett og lys grønn. UTM-koordinater bruddsted: UTM N 7771027.71 / Ø 817719.79 Geografisk Indikator-merke (GI)
<b>Beskrivelse av kvartsskifer/ Altaskifer i anbudsdokumenter</b>
Fin- til middelskornet, grå, metamorf bergart med plan skifrihet definert av rytmiske sjikt av glimmer (vanligvis mindre enn 2 mm) som skiller soner (fra noen millimeter opp til flere centimeter) dominert av kvarts og feltspat. Bergarten kan spaltes til plater langs sjiktene i tykkelser fra 5 mm til mer enn 100 mm. Glimmer utgjør gjerne mellom 15–30 % av bergartsvolumet

## 2.2 Råstoffet - Forekomsten og uttaksvirksomheten

Altaskiferen er blant verdens største registrerte forekomster av kvartsskifer. Store områder har vært gjenstand for drift, og nær 170 års drift har etterlatt rundt 1000 uttakssteder sør for Alta, Finnmark. I dag foregår drift i Pæska, ca. 1,5 mil utenfor Alta. Rundt et titalls drivere produserer skifer i dag. Siden uttaket av skifer startet på 1850 tallet er det hentet ut mindre enn 5%. Altaskifer er slik en tilnærmet ubegrenset ressurs.

De første hundre årene var skiferdriften i hovedsak som en sidenæring til jordbruk. Takskifer har alltid vært et hovedprodukt. Utover 1900-tallet ble markedet for produkter av altaskifer stadig større, og skiferdriften vokste til å bli en viktig næring. Skifernæringa har slik hatt stor historisk – og økonomisk - betydning for lokalsamfunnet i Alta, med på det meste 600-700 mennesker – hele familier - som hadde det som sin arbeidsplass. Andelslaget Alta Skiferbrudd ble stiftet i 1933. Alle skiferdrivere var og er selvstendig næringsdrivende, men medlemskap i andelslaget har alltid vært en forutsetning for å delta i skiferdriften.

Skifernæringen nå i Alta omfatter flere selskaper og selvstendig næringsdrivende. Hele verdikjeden fra uttak av råstoff til salg og markedsføringen av skiferen til forhandlere foregår i Alta, Finnmark. I dag er alle selskapene som inngår i skifernæringen eid av skiferdriverne gjennom Alta skiferbrudd SA. Alle skiferdriverne eier hver sin eierandel i andelslaget. Andelslaget eier bruddrettighetene, salgs- og produksjonsselskapet, Alta Skiferbrudd Sa, og eiendomsselskapet. Blokkene som hentes ut av bruddet selges til selvkost fra andelslaget til skiferdriverne som deretter bearbeider blokkene og selger skiferplater til Andelslaget. Andelslaget selger deretter skiferplatene til Alta Skiferbrudd Sa for videreføring og salg.



*Skifervirksomheten i Alta representerer 170 år med ansvarlig og verdiskapende næringsvirksomhet.  
Foto: Alta Skiferbrudd Sa.*

## 2.3 Produksjonsdata - Produktene og ressursutnyttelsen

Alta Skiferbrudd Sa med drivere og Andelslaget arbeider for optimal råstoffutnyttelse og mest mulig massebalanse i uttak, produksjon og produkter. Platetykkelsen varierer mellom 12-80 mm, og spaltbarheten i Altaskiferen muliggjør produksjon av en rekke plateprodukter og også mer massive produkter, noe som gir en god masseutnyttelse.

Skifervirksomheten genererer overskuddsmasser fra uttak og bearbeiding. Restmasser fra produksjonshallen kjøres tilbake til bruddene, hvor Alta Skiferbrudd Sa produserer og selger knuste skiferprodukter til vei og andre utbyggingsformål. Alta Skiferbrudd Sa har også pågående innovasjonssamarbeid om murprodukter som kan gi ytterligere avsetning på overskuddskifer.



*Omsetningsfordeling for Alta Skiferbrudd Sa illustrerer optimalisert råstoffutnyttelse. I tillegg produseres knuste produkter av overskuddsmasser. Foto: Altaskifer og SINTEF*



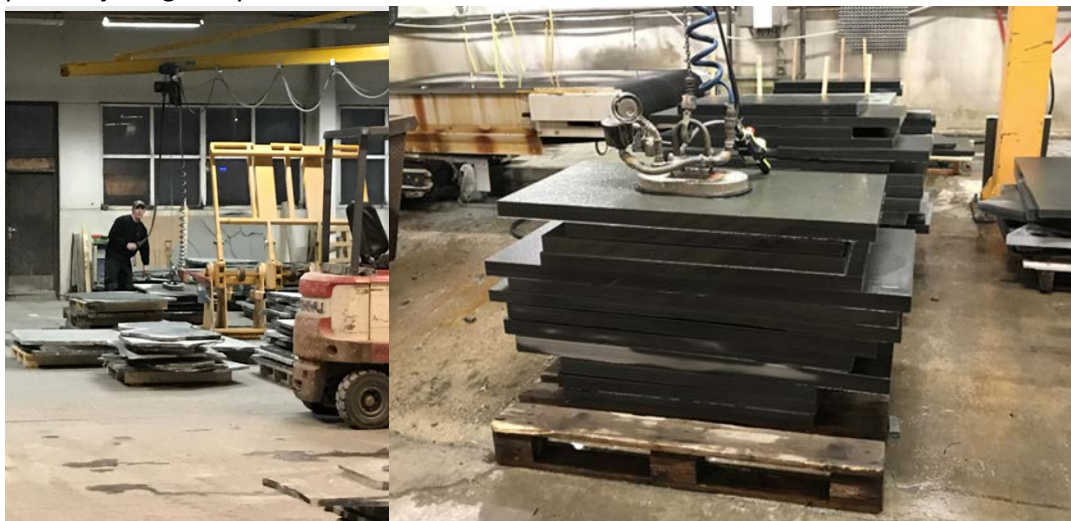
## 2.4 Produktdata - Belegningsheller av Altaskifer til utendørs dekker

### 2.4.1 Standardprodukter, produksjonskapasitet og bærekraft

Alta Skiferbrudd Sa leverer belegningsheller med saget kant, varierende tykkelser og plandimensjoner. Produktene leveres med naturplan, eller kan være tykkelseskallibrert.

Vanlige produkter av Altaskifer til utendørs belegninger			
Tykkelse (mm)	Faste bredder, fallende lengder (mm)	Faste bredder, fallende lengder (mm)	Standard formater, varierende størrelser mm)
20-30 30-40 40-60 60-80	Tykkelsessortering vanligst, Produkter leveres også med kalibrert/fast tykkelse	Vanligst med faste bredder 300, 350, 400, 500, 600 i fallende lengder	Kvadratiske: 600x600, 500x500, 400x400 Rektangulære: 600x300, 600x400

Altaskifer har de siste 2 årene investert cirka 15 millioner i nytt produksjonsutstyr for å øke konkurransekraften på produksjon av belegning, flis og trinn. Årsproduksjonen av belegningsheller til proffmarkedet er rundt 10.000 kvm. Produksjonskapasiteten styres av antall skiferdrivere, ansatte i produksjon og antall maskiner. Med dagens ressurser kan Altaskifer produsere årlig cirka 36 000 kvm med belegning i tykkelsen fra 40 mm til 80 mm, med mulighet for 50% økning med 1-2 ekstra årsverk i produksjon og en ny maskin.



Produksjonsanlegget Alta Skiferbrudd Sa. Foto: SINTEF

**Valg av formater på Altaskifer til byggeprosjekter ut fra et bærekraftperspektiv bør bl.a. hensynta følgende:**

- Plateprodukter med tykkelse 30-40 mm, 40-60 mm og 60-80 mm er alle hensiktsmessige ut fra et samlet råvare- og bærekraftperspektiv
  - Plateprodukter med tykkelse 30-40 mm er spesielt hensiktsmessige ut fra et produksjonskapasitetsperspektiv, fordi produksjonsanlegget muliggjør 2-3 ganger så høy ferdigvareproduksjon som de andre tykkelsene.
- Plateprodukter med bredder 200-300-400 mm og opp til 500 mm er alle hensiktsmessige ut fra et samlet råvare- og bærekraftperspektiv.
  - Bredder på 600-700 mm er lette å sage, men gir større andel overskuddsmasser.

## 2.4.2 Anbefaling til dimensjonstoleranser i anbud

Plater av Altaskifer tilfredsstiller krav i NS-EN 1341:2012 *Plater av naturstein til utendørs bruk. Krav og prøvingsmetoder*, og er dokumentert og CE-merket (<https://www.altaskifer.com/uteflis>) etter denne harmoniserte produktstandarden. Dokumentasjon på CE-merking framgår på emballasje og i følgedokumenter. Alta Skiferbrudd Sa har implementert produksjonskontroll (FPC) i henhold til denne produktstandarden.

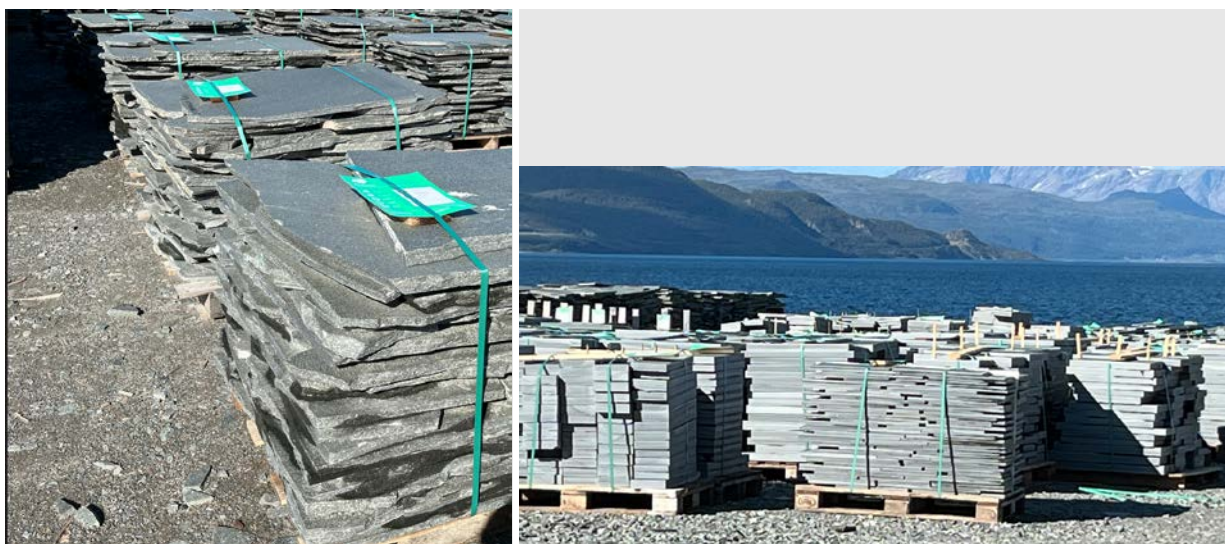
Plateprodukter av Altaskifer er produsert i henhold til strengeste toleransekrav for plandimensjon og diagonal for saget kant og tykkelsestoleranse for tykkelseskalibrert stein etter NS-EN 1341:2012, på følgende punkter.

Dimensjonstoleranser for Altaskifer med saget kant (i henhold til NS-EN 1341:2012), og som kan brukes i anbudsdokumenter.		
	Klasse 1 – P1	Klasse 2 – P2
<b>Toleranser for lengde og bredde</b>	± 4 mm (P1)	± 2 mm (P2)
<b>Toleranser for diagonaler, maks differanse</b>	6 mm (D1)	3 mm (D2)
<b>Toleranser tykkelse</b>		
Tykkelse ≤ 30 mm	± 3 mm (T1)	± 10% (T2)
30 mm > tykkelse ≤ 80 mm	± 4 mm (T1)	± 3 mm (T2)

Toleranser for retthet langs kanter deklarerer *ikke*. Skifer med naturplan (kløvet skifer) faller ikke inn under “fin teksturert” eller “grov teksturert” flate i tabell 4 (NS-EN 1341:2012), men under definisjon for hugget stein jf. Pkt. 3.14 i NS-EN 1341:2012.

Toleranse for planhet på flater, for naturplan (kløvet skifer) deklarerer (jf. Pkt. 4.2.2.4.2 NS-EN 1341:2012)

Målelengde (mm)	Største konvekse toleranse (mm)	Største konkave toleranse (mm)
1000	8,0	8,0



Villheller og plateprodukter av Altaskifer. Foto: SINTEF.

## 2.5 Tekniske egenskapsdata

Alta Skiferbrudd Sa gjennomfører prøving av plater av Altaskifer etter NS-EN 1341 som en del av egen produksjonskontroll (FPC).

Altaskiferen fremviser stabilitet i tekniske egenskaper, og laboratorietesting gjennomført med flere års mellomrom viser liten variasjon. I tabellen under er sammenstilt gjennomsnittsdata for Altaskifer basert på fem testrapporter utarbeidet av SINTEF for Alta Skiferbrudd Sa i perioden 2004 - 2020.

TEKNISKE EGENSKAPER	Kvartsskifer				
	TESTFLATE	STANDARD	ENHET	MIDDEL	LAVESTE FORVENTEDE VERDI
Brutto densitet	Saget	NS-EN 1936	kg/m <sup>3</sup>	<b>2700</b>	
Åpen porøsitet	Saget	NS-EN 1936	%	<b>0,3</b>	
Vannabsorpsjon	Saget	NS-EN 13755	% vekt	<b>0,1</b>	
Slitasjemotstand – Capon	Natur	NS-EN 14157 (A)	mm	<b>16,5</b>	
	Polert			<b>17</b>	
Trykkfasthet	Saget	NS-EN 1926	MPa	<b>270</b>	200
Bøyestrekfasthet	Saget	NS-EN 12372	MPa	<b>40</b>	35
Bøyestrekfasthet etter 56 fryse-/tine sykluser	Saget	NS-EN 12371	MPa	<b>37</b>	35
Sklimotstand	Polert	NS-EN 14231	SRV, tørr	<b>75</b>	
	Polert	NS-EN 14231	SRV, våt	<b>14</b>	
	Natur	NS-EN 14231	SRV, tørr	<b>71</b>	
	Natur	NS-EN 14231	SRV, våt	<b>43</b>	
Styrke ved forankringspunkter	Saget	NS-EN 13364	N	<b>4450</b>	(variasjon 3900-5300)
<b>Petrografisk sammensetning<sup>1)</sup></b>		NS-EN 12407			
Kvarts			%	<b>35</b>	
Feltspat – Kalifeltspat			%	<b>25</b>	(45 % samlet feltspatinnhold)
Feltspat – Plagioklas			%	<b>20</b>	
Lys glimmer – Muskovitt			%	<b>20</b>	
Epidot			%	<b>10</b>	
Titanitt			%	<b>5</b>	
Opaker			%	<b>3</b>	

<sup>1)</sup>Bare hovedmineraler er %-angitt. Avrundet gjennomsnitt fra to petrografiske undersøkelser Egenskapsdata basert på testing ved SINTEF i perioden 2004 til 2020

### 2.5.1 Anbefaling til tekniske krav i anbudsdokumenter

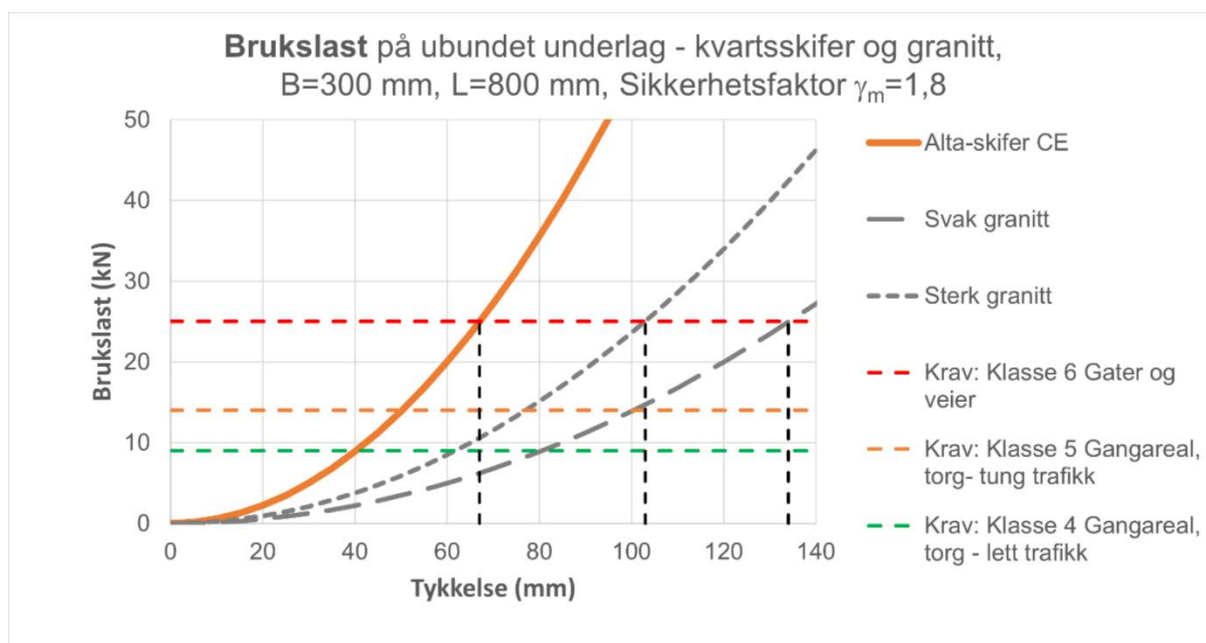
På bakgrunn av dokumenterte, tekniske egenskaper til Altaskiferen, kan et forslag til teknisk kravspesifikasjon til Altaskifer eksempelvis være som følger til et utendørs belegningsprosjekt:

Plater av Altaskifer til utendørs belegg etter NS EN 1341 – Eksempel på kravspesifikasjon		
Egenskap	Metode	Minstekrav
Vannabsorpsjon	NS-EN 13755	Max. 0,1 vekt% i gjennomsnitt
Bøyestrekfasthet	NS-EN 12372	Min. 35 MPa i gjennomsnitt, laveste forventede verdi min. 30 MPa
Frostmotstand	NS-EN 12371	Min. 35 MPa i gjennomsnitt, laveste forventede verdi min. 30 MPa – 56 sykler
Slitasjemotstand	NS-EN 14157	Mindre enn 20 i gjennomsnitt

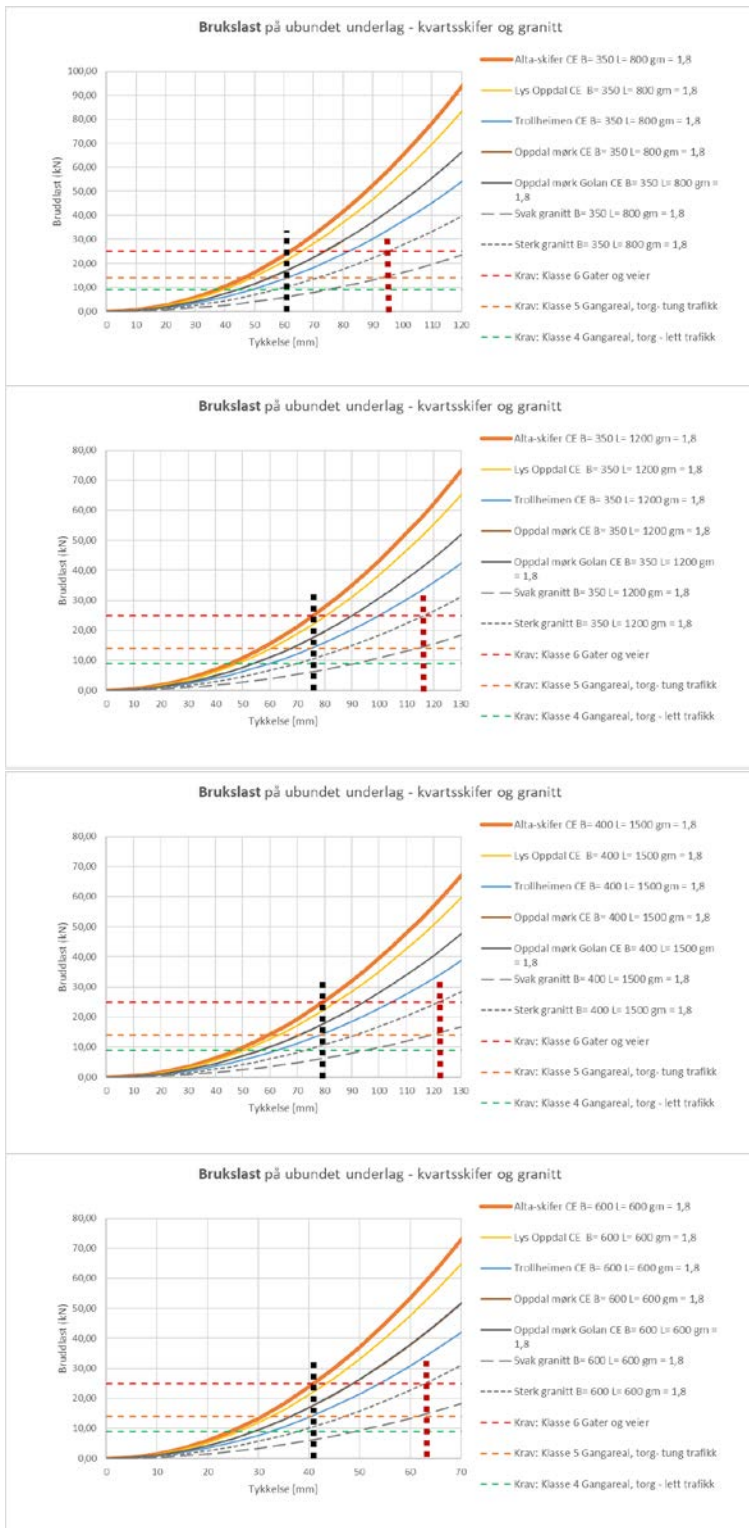
## 2.6 Styrkerelasjon mellom Altaskifer og granitt

### Styrke – Bøyestrekfasthet til Altaskifer:

Altaskifer har en bøyestrekfasthet på rundt 40 MPa, som er fra 2 - 4 ganger høyere enn de fleste granitter og andre erupivbergarter. Dette gir som konsekvens at med ellers like planformater, må en granitt ha en platetykkelse som er mellom 1,5-2,5 ganger så høy som Altaskifer, for å kunne stå imot samme bruddlast uten å knekke, og med samme opplager/understøttelse.



Forenklet utregning av brukslast som funksjon av tykkelse med eksempel på plateformat 300 mm x 800 mm. Utregning basert på laboratoriebestemt bøyestrekfasthet (linjelast på små prismer).



Sammenheng mellom brukslast (sikkerhetsfaktor 1,8) og platetykkelser for seks norske kvartsskifer og to "vilkårlige" granitter. Svart (og rød) stiplede linje viser nødvendig tykkelse i høyeste bruksklasse (25 kN) for Altaskifer (og sterk granitt). Her er det tatt utgangspunkt i en bøyestrekfasthet for Altaskifer på 40 MPa, samt oppgitte bøyestrekfasthetsverdier på CE-merker og/eller datablad for andre steintyper. Diagrammene dekker de formatene som er anvendt i testfeltet etablert som del av SkiferSolid-prosjektet. Beregnet brukslast (kN) refereres til en teoretisk situasjon der platene var fritt opplagret langs to sidekanter og ble utsatt for en linjelast midt på platens overside. Dette er en "ekstrem" situasjon, i praksis vil platene ha understøttelse både ved en dynamisk og en stiv oppbygging.

## 2.7 Miljøegenskaper, levetid, gjenbruksmuligheter

### Miljøegenskaper, levetid og gjenbruksmuligheter for Altaskifer

Altaskifer inneholder ingen farlige bestanddeler og vil oppføre seg inert i bruk i utemiljø.

Altaskiferen er frost- og kjemikaliebestandig, har lang levetid og kan gjenbrukes som plateprodukt.

Altaskiferen er videre fargestabil, og inneholder ikke mineraler som kan gi misfarging i form av rust.

Det foreligge EPD-dokumentasjon fra EPD Norge for plateprodukter av Altaskifer

Altaskifer er EPD-deklartert (Environmental Product Declaration) etter ISO 14025, ISO 21930 og EN 15804 for følgende produkter:

- Plater m/ naturplan, saget kant, tykkelsesortert (50 mm)
  - A1-A3: 117 kg CO<sub>2</sub> e/tonn (15,8 kg CO<sub>2</sub> e/m<sup>2</sup>)
- Plater m/ naturplan, saget kant, tykkelseskalibrert (15 mm)
  - A1-A3: 209 kg CO<sub>2</sub> e/tonn (8,49 kg CO<sub>2</sub> e/m<sup>2</sup>)

*Transport (A4):* Det er i EPD'ene for Altaskifer medregnet en transportavstand på 1750 km fra Alta til byggeplass i Oslo, og med transport på lastebil >32 tonn. For Altaskifer utgjør transporten (A4) en relativt sett stor andel av miljøfotavtrykket relativt til andre skiferforekomster som ligger i Midt-Norge og Midt-Sverige.

*Byggefase (A5):* I EPD for Altaskifer er hensyntatt at installeringen gjøres med sementbasert lim. Ved setting i sand endres/redueres miljøfotavtrykket.

*Bruksfase (B1-B7):* Altaskifer er i EDP vurdert å ikke gi miljøpåvirkninger fra bruksfasen. Altaskiferen er for bruk til utendørs belegninger vedlikeholdsfri

*Slutfase (C1 C3, C4):* I EPD er hensyntatt at demontering krever pigging og fjerning av limrester. Ved setting i sand endres/redueres miljøfotavtrykket. EDP hensyntar frakt av brukt Altaskifer til deponi eller brukt som fyllmasse. Det er i EPD ikke hensyntatt utnyttelse av overskuddsmasser fra uttak av skifer. Det er heller ikke hensyntatt gjenbruksmuligheter av skiferen. Dette vil bidra positivt på miljøregnskapet for Altaskifer.

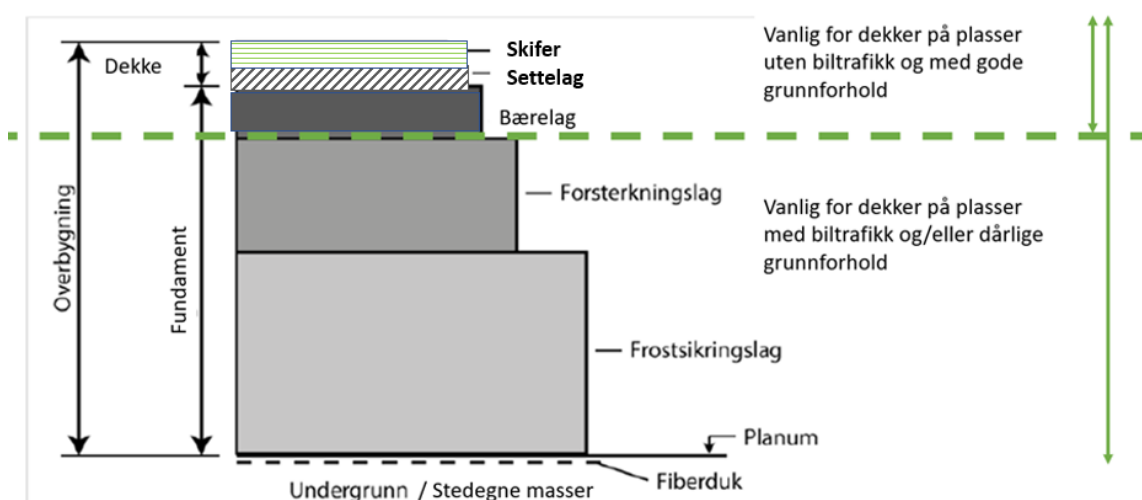
### 3 Anbefalinger - Dekker med Altaskifer i utemiljø

#### 3.1 Overbygning

Valg av overbygning for dekker av Altaskifer må generelt hensynta:

- Grunnforhold; type stedeagne masser, spesielle forutsetninger og forhold, f.eks. infrastruktur i bakken.
- Forventede brukspåkjenninger; trafikkbelastning
- Forhold knyttet til brukerbehov, drift- og vedlikehold.

Generelt er det for natursteinsdekker med ingen eller liten trafikkbelastning mest vanlig at overbygningen kun inkluderer et bærelag under skiferdekke med settelag. For dekker på større plasser og som utsettes for biltrafikk, og også for gang og sykkelveier, er også forsterknings- og frostsikringslag vanlig. Natursteinsdekker kan også etableres på støpte underlag, f.eks. oppe på parkeringskjellere e.l.. For nærmere anbefalinger for slike platedekker, henvises til [3].



Prinsippskisse for overbygning av veier og plasser. Skisse: SINTEF. Kilde [2] og [5].

Generell anbefaling til forsterknings- og frostsikringslag er som følger:

**Forsterkningslag:** Knust berg (f.eks. kult 22/125 mm eller puk 11/90 mm eller 0/90 mm), knust eller uknust grus (0/63mm eller 0/90 mm) eller resirkulerte materialer. (Resirkulerte materialer er ikke anbefalt ved store belastninger).

**Frostsikringslag:** Knust/uknust grus eller knust berg, eventuelt av resirkulerte materialer eller ett øvre isolasjonslag av skumglass, lettklinker eller XPS (ekstrudert polystyren) og et nedre lag av knust berg.

I henhold til [6] skal største steinlengde ikke overstige halve lagtykkelsen, og ikke være større enn 500 mm. Andelen materiale mindre enn 90 mm skal minst være 30 %. Andelen finstoff mindre enn 0,063 mm skal minst være 1,0 %, maksimalt 7,0 % regnet i forhold til mengden av materiale mindre enn 90 mm.

**Filterduk:** Mellom de stedeagne massene og overbygningen legges fiberduk slik at finstoff fra undergrunnen ikke skal blande seg inn i massene i overbygningen og gjøre den ustabil.

Både forsterkningslag og frostsikringslag må komprimeres med trommel eller platevibrator for å oppnå tilsiktet bæreevne. SINTEF anbefaler at komprimering av lagene i en overbygning med trafikkbelastning følger krav og anbefalinger gitt i [3], [4] og [5].

I det følgende gis anbefalinger for de øvre deler av natursteinsdekker, dvs. bærelag og settelag i ubunden eller bunden utførelse, samt anbefalinger for selve platedekket med Altaskifer.

### 3.2 Ubunden, bunden og kombinert utførelse

De vanligste grunnprinsippene for utførelse av bære- og settelag for platedekker av naturstein er følgende:

#### Ubunden oppbygging:

- *Settelag av natursand på mekanisk stabilisert bærelag, eller*
- Mekanisk stabilisert settelag (knust maskinsand) på mekanisk stabilisert bærelag

#### Bunden oppbygging:

- *Settemørtel på sement- eller bitumenstabilisert bærelag*

#### Kombinert ubunden/bunden oppbygging:

- *Mekanisk stabilisert settelag (knust maskinsand) på sement- eller bitumen-stabilisert bærelag*
- Mekanisk eller bindemiddelstabilisert settelag på støpt underlag med dreussjikt (drensmatte som vannføring) mellom settelag og bærelag

Prosjektet SkiferSolid, med Testfeltet i Alta omfatter de oppbyggingene som er angitt i kursiv over, og prosjektet har demonstrert at Altaskifer kan anvendes både i ubunden og bunden utførelse. Ubunden oppbygging anbefales generelt for arealer som utsettes for ingen eller lett belastning fra biltrafikk



Anbefalinger til oppbygging av platedekker med Altaskifer (\*arealer med noe biltrafikk), basert på resultater fra prosjektet SkiferSolid, samt anbefalinger og krav i [3] og [4].

Hva	Ubunden, drenerende oppbygging	Bunden, drenerende oppbygging
Settelag	<p>Tykkelse settelag 30-50 mm</p> <p>Natursand 0-8 mm for arealer uten stor trafikkbelastning.</p> <p>Mekanisk stabilisert settesand, dvs. knust maskinsand 0-8 mm med kontrollert finstoffinnhold 1-5 % bør brukes på områder beregnet for tynge belastning.</p> <p>Settelaget komprimeres og finavrettes. Komprimering skjer gjennom nedbanking av skiferplatene med egnet gummihammer.</p>	<p>Tykkelse settelag 30- 50 mm.</p> <p>Fabrikkprodusert, drenerende settemørtel (tørrmørtel). Ekstra heftforbindelse mellom stein og settemørtel (liming vått-i-vått)*. Tørrmørtel tilsettes angitt vannmengde og blandet etter produsentens krav. Legges ut i jordfuktig konsistens, og avrettes med noe overhøyde uten forkomprimering. Komprimering foretas gjennom nedbanking av plater med egnet utstyr og slik at settemørtelens komprimeringsgrad utgjør ca. 15-20 % av lagtykkelsen. Platene påføres angitt heftforbedrer rett før setting på underside og alle sideflater. Rester av settemørtel o.l. fjernes med svampbrett umiddelbart. Etter setting holdes belegget tildekket med plast i min. 3 døgn og fuktig i samme perioden. Platene bør ikke belastes før etter 1 døgn.</p>
	<i>Kommentarer – Spesielle anbefalinger</i>	
	<p>Setting i natursand/knust maskinsand kan gi vertikale setninger og sprang ved fuger. For å minimere risiko for differansesetninger ved trafikkbelastning, er det viktig at settelaget er ensartet komprimert, og også slik at tykkelsen på settelaget er så konstant som mulig. Jo større settelagstykkelse/ tynnere skifer, jo større risiko for vertikal deformasjon og differanse i vertikal deformasjon foreligger. Deformasjon reduseres ved tykkere skifer. Setting i sand gir ikke fugerender.</p>	<p>Setting i dremsmørtel kan gi setningsfritt dekke ved høy trafikkbelastning. Selv med heftforbedring /liming av skifer til settelag, så vil skiferen kunne løsne fra underlaget. Grad av bom forventes å reduseres ved økende tykkelse på skiferen, på grunn av større vekt/bedre stabilitet når dekket utsettes for trafikk- belastning eller klimatiske påkjenninger. Sementbaserte settemørtler kan gi antydninger til lyse fugerender i skiferoverflaten langs platekantene. Dette er kun et estetisk fenomen og som kan unngås dersom settemørtelen er "selvuttørkende"</p>
Bærelag	<p>Mekanisk stabilisert bærelag, dvs. knust berg i fraksjon 0-32 mm, tykkelse 120 – 150/180 mm*.</p> <p>Ved trafikkbelastning bør komprimering av bærelaget gjennomføres i henhold til [4] og [5]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dremsbetong med øvre steinstørrelse fra 8-22 mm, tykkelse 150-180* mm.</li> <li>• Dremsasfalt med øvre steinstørrelse fra 8-22 mm, tykkelse 80-100* mm</li> </ul> <p>Vedr. dremsbetong: Skal være fabrikkprodusert i jordfuktig konsistens, og legges ut i ett lag ved lagtykkelser opptil 180mm med noe overhøyde og komprimeres med lett vals uten vibrasjon eller med vibroplate med vekt maks 100 kg ved vibrasjon. Kan med fordel legges ut med utlegger om mulig. Etterbehandling i form av vanning og tildekking nødvendig. Krav til permeabilitet i henhold til [6] og [7]. Spenningstiltak i form av riss styrende delfuger/ sagkutt kan være nødvendig ved behov for feltinndeling av dekket (se under). Belastning av lette arbeidsmaskiner etter 3 døgn, full belastning etter 14 døgn.</p>



Hva	Ubunden, drenerende oppbygging	Bunden, drenerende oppbygging
Fuger	<i>Bevegelsesfuger:</i> Ikke nødvendig, annet enn ved overgang mot arealer med annen/fast oppbygging	<i>Bevegelsesfuger:</i> Må etableres. Anbefaling i henhold til [6] er inndeling i felt med maks. 6 m. De bør gå gjennom dekke og settelagsmaterialet, med anbefalt fugebredde rundt 10mm, bunnfyllingslist og elastisk fugematerial i øvre 10-15 mm. Ved store arealer bør i tillegg etableres ekspansjonsfuger med rissanvisere/sagekutt som gir ned i bærelag
	<i>Kommentarer / Spesielle anbefalinger:</i>	
	Jo tykkere skifer, jo mer stabil blir ubundne fuger utført på riktig måte. Knust maskinsand anbefales ved trafikkbelastning, med forventning om bedre stabilitet og kraftoverføring enn natursand. Løsmassefuger krever jevnlig oppfølging og etterfylling over tid. Fuger uten fugesand vil kunne føre til laterale og vertikale bevegelser ved biltrafikk og gi ustabilitet i dekket og hjørneskader i skiferplatene. For å sikre stabilitet i dekker utsatt for vridningspåkjenninger og/eller ved markert fall i dekket, kan avstandsklosser f.eks. av neopren settes i fugekryss. Høyden anbefales min 50% av platetykkelsen.	
	<i>Kommentarer/spesielle anbefalinger vedrørende kombinasjonsoppbygging:</i>	
	Sementbaserte fuger, ev. med en viss elastisitet, kan egne seg på ubundet settelag dersom dekket har liten trafikkbelastning, f.eks. gang- og sykkelveier utsatt for lett brøyting. Dette kan lette fugevedlikehold og slik sett også stabilitet i skiferdekket. Sementbaserte fuger anbefales ikke i ubundet oppbygging på arealer utsatt for stor trafikkbelastning, fordi dette kan føre til kantavskallinger i skiferoverflaten.	
Var me	I fotgjengerområder er det ofte ønskelig å bruke gatevarme. Anbefalingen i henhold til [6] er at det anbefales at overkant av rør med vannbåren gatevarme legges ca. 10-20 mm ned i bærelaget og at elektriske kabler alternativt kan ligge nederst i settelaget.	
Samlet	En ubunden oppbygging sikrer bortledning av overflatevann, og vil begrense differansesetninger forutsatt stabilitet og jevnhet på settelaget, bærelag og riktig fugeutforming. Format og tykkelse på Altaskiferen vil kunne påvirke oppførsel. Utførelsen gir ikke fugerender, og er relativt sett både mindre arbeids- og kostnadskrevende og forventes å ha lavere miljøfotavtrykk enn en bunden oppbygging. En ubunden oppbygging bør kunne utføres med korteste, lokale materialer, og der kunnskapen om materialene er høy hos lokale utførende. Skifer kan tas opp og gjenbrukes uten spesielle tiltak, til forskjell fra skifer med heftlim e.l. som må renses før ny bruk.	En ubunden, drenerende oppbygging som skissert over sikrer en setningsfri utførelse med god stabilitet, forutsatt riktig utførelse på både bærelag, settelag, og fuger inkl. bevegelsesfuger. Utførelsen krever spesiell kunnskap om material- og samvirkebruk, og nøyaktighet og kontroll med utførelsen blir spesielt viktig. Slik vurderes denne oppbyggingen som mer arbeids- og kostnadskrevende enn en ubunden oppbygging, samt at miljøfotavtrykket forventes å bli høyere på grunn av bruk av sementbaserte materialer. Gjenbruk av skifer krever fjerning av settemasse/limlag.

### 3.3 Anbefalinger Altaskifer

Anbefalt tykkelsesvalg for norsk/nordisk skifer til utendørs dekker er i henhold til [6] som vist i tabell under. Det er her ikke gitt nærmere spesifisering av lastklasser, men SINTEF anser at de anbefalte tykkelsesvalgene er fornuftig for skifer generelt. Det er videre en generell bransjeanbefaling at natursteinsplater ikke bør ha en lengde som overstiger 2 ganger platebredden, samt at platene må minst ha et areal på 0,1 m<sup>2</sup>. For skifer er i [3] og [6] angitt at platelengde ikke bør overstige ca. 1.2 m.

Trafikkesponeringen som testfeltet har vært utsatt for over to år, demonstrerer at Altaskifer med lengde > 1,5 m og med lengde/bredde-forhold helt opp til 5, kan tåle en trafikkbelastning med jevnlig trafikk av lastebiler med vekt over 50 tonn, uten å knekke etter 2 års eksponering. Dette er både relatert til Altaskiferens styrke, og til god understøttelse av skiferplatene både i ubunden og bunden oppbygging.

*Anbefalinger til tykkelse på skiferplater til utendørs miljø i henhold til [5]*

Anbefalt tykkelsesvalg for skifer	Tykkelse
Belegg med liten belastning	20 - 30 mm
Middels belastning	30 - 40 mm
Fortau med sporadisk biltrafikk	40 - 50 mm
Arealer med stor belastning/biltrafikk	60 - 80 mm

Basert på samlede resultater fra prosjektet SkiferSolid, så er det sammenstilt anbefalte formater på Altaskiferen til utendørs dekker og i de ulike bruksklassene gitt i NS EN 1341.

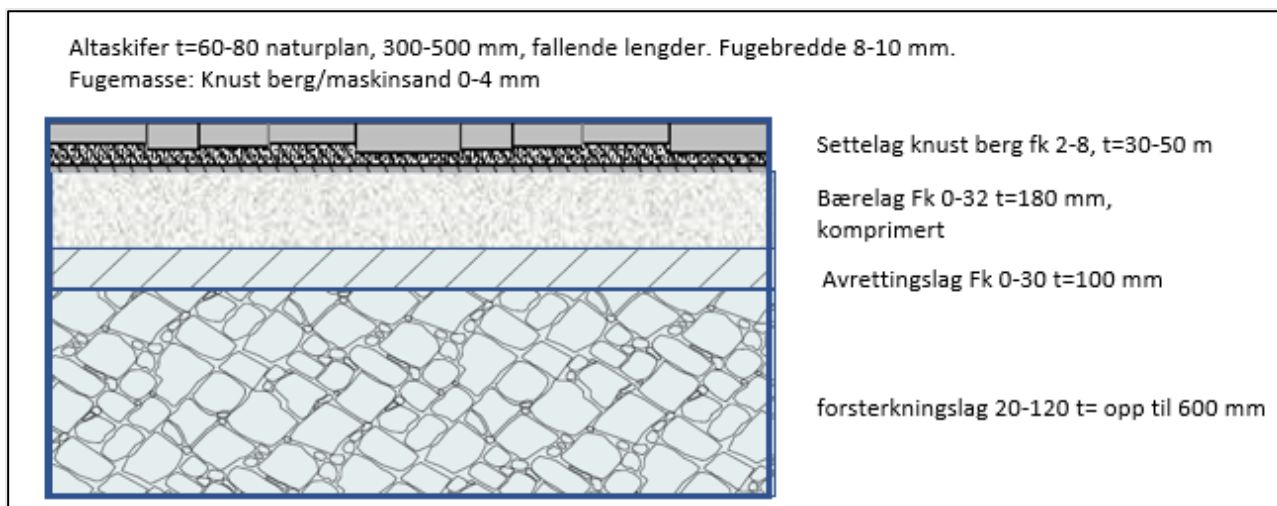
Det er her ikke skilt mellom bunden og ubunden oppbygging. Resultatet fra Testfeltet i SkiferSolid indikerer at det er fornuftig å velge en høyere tykkelsessortering for Altaskiferen i ubunden utførelse sammenliknet med bunden utførelse ut fra forventningen om større risiko for vertikale deformasjoner i ubundet settelag. Tykkere og tyngre skifer gir bedre stabilitet i dekket. Dette gjelder også ved bunden oppbygging.



Forslag til plateformater av Altaskifer for ulike bruksklasser				
Bruks-klasse	Brudd-Last	Bruksområde	Plate-tykkelse Altaskifer	Planformater Altaskifer (ubunden og bunden bruk)
Etter NS-EN 1341				
6	25 kN	Veier og gater, bensinstasjoner	30-40 mm	Mindre egnet. Platebredder 300 mm og 400 mm bør ha lengde: breddeforhold mindre enn 1,3.
			40-60 mm	Egnet. Platebredder 300 mm og 400 mm bør ha lengde: breddeforhold mindre enn 3.
			60-80 mm 60 mm tykkelseskalibrert	Egnet. Platebredder 300 mm - 600 mm bør ha lengde: breddeforhold mindre enn 3,5.
5	14 kN	Fotgjengerområder som ofte brukes av tunge lastebiler	30-40 mm	Egnet. Platebredder 300 mm og 400 mm bør ha lengde: breddeforhold på maks. 2.
			40-60 mm	Egnet. Platebredder 300 mm og 400 mm bør ha lengde: breddeforhold på maks. 4. Meget lange plater er ikke optimal ut fra et bærekraftperspektiv
			60- 80 mm 60 mm Tykkelseskalibrert	Overdimensjonert for denne bruksklassen, både teknisk og ut fra et bærekraftperspektiv.
4	9 kN	Gangområder, markeds plasser som av og til brukes av varebiler og utrykningskjøretøy	30-40 mm	Egnet. Platebredder 300 mm og 400 mm bør ha lengde: breddeforhold på maks. 3.
			40-60 mm	Overdimensjonert for denne bruksklassen, både teknisk og ut fra et bærekraftperspektiv.
			60- 80 mm 60 mm Tykkelseskalibrert	
3	6 kN	Sporadisk tilgang for biler, lette kjøretøy og motorsykler. Innkjøringer til garasjer	30-40 mm	Overdimensjonert for denne bruksklassen, både teknisk og ut fra et bærekraftperspektiv.
			40-60 mm	
			60- 80 mm 60 mm Tykkelseskalibrert	
2	3,5 kN	Områder med fotgjengere og sykler	20-30 mm	Generell anbefaling fra [5] og [6]
1	0,75 kN	Kun fotgjengertrafikk	10-20 mm	

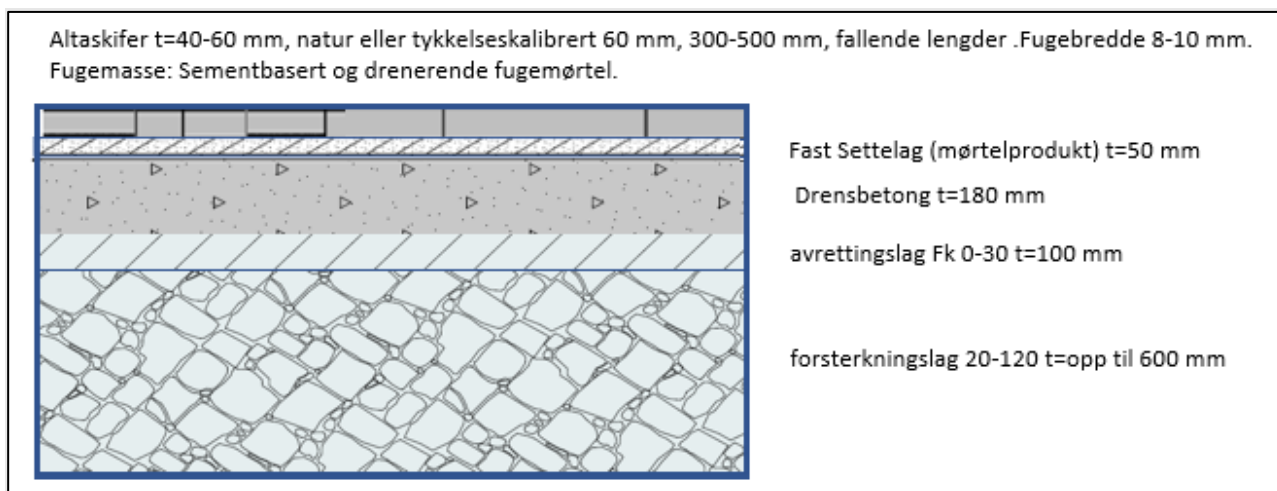
På større plasser med høy trafikkbelastning vurderer SINTEF at følgende eksempler på løsninger kan anbefales ut fra funksjonsoppførelse:

- Altaskifer i tykkelse 60-80 mm med naturplan satt i ca. 30-50 mm tykt mekanisk stabilisert settelag av knust berg i sortering 2/8 og med 10 mm brede fuger med knust berg i sortering 0/4 på mekanisk stabilisert bærelag av knust berg 0-32 mm. Denne overbygningen forventes å gi en brekkasjefri utførelse som vil motstå stor trafikkpåkjenning meget godt, med små deformasjoner i settelaget.



*Eksempel på ubunden oppbygging med Altaskifer for dekker som utsettes for trafikkbelastning*

- Altaskifer i tykkelse 40-60 mm med naturplan, eller tykkelseskallibrert Altaskifer med tykkelse 60 mm, satt i ca. 50 mm drenerende, fabrikkprodusert settemørtel med heftiltak, og med 10 mm brede fuger med sementmørtel på sementstabilisert bærelag. Med en feltinndeling på ca. 6 m med bevegesfuger, så forventes denne overbygningen å gi en setnings- og brekkasjefri utførelse som vil motstå stor og vedvarende trafikkpåkjenning, uten å gi deformasjoner i skiferdekket.
- 



*Eksempel på bunden oppbygging med Altaskifer for dekker som utsettes for trafikkbelastning*

På bakgrunn av resultatet fra prosjektets testfelt, så gis følgende anbefaling i forhold til tykkelseskalibrering av skiferen i utendørs dekker:

- Altaskifer i faste bredder og fallende lengder er en bærekraftig, ressurseffektiv måte å utnytte skiferen i utendørs belegg, og vurderes også teknisk sett å være gunstig, da med hensyn til anbefalte lengde:/bredde-forhold. Kvadratiske plater av Altaskifer har også god egnethet, og gir ressurseffektiv utnyttelse opp til sidelengder rundt 50-60 mm. Kvadratiske natursteinsplater vil teoretisk tåle dobbelt så høy bruddlast som plater med lengde lik 2 ganger bredden. Skiferdekker med store variasjoner i formater på skiferen i ett og samme areal kan muligens gi relative forskjeller i oppførsel under ytre last og/eller klimapåkjenninger.
- Tykkelseskalibrert skifer er å anbefale i tilfeller der plant dekke er spesielt viktig og det anvendes en bundet oppbygging. Ved tykkelseskalibrering i en slik utforming, så er det sannsynlig at det lettere oppnås god limdekning mellom skifer og settelag, og at overflatens beskaffenhet gir vel så god heft som det en naturlig kløvplan vil gi. SINTEF er fra tidligere undersøkelser imidlertid kjent med at effekten på forbedret vedheft ikke nødvendigvis er så stor.
- Tykkelseskalibrert skifer anbefales ikke benyttet i en løsmasseoppbygging, der Altaskiferen settes i sand på mekanisk stabilisert settelag, eller på sement- eller bitumenstabilisert settelag, og der trafikkbelastningen er stor. Friksjonen mot underlaget tapes, og risiko for setninger og skader på stein øker.
- Faset kant på Altaskiferen er et kostnadsøkende element, men kan anbefales for å unngå hjørne- og kantskader på dekker som har stor trafikk og høye vridningspåkjenninger, f.eks. på torgarealer med konserter, festivaler o.l.

## Referanser

[1] Byggforskserien. Byggdetaljblad 571.104 (2018): Norsk naturstein. Bergarter, produksjon og steintyper <https://www.byggforsk.no/byggforskserien>.

[2] Byggforskserien. Byggdetaljblad 517.112 – Dekekr på minre plasser og veier (under revisjon)

[3] Håndbok V262 (2018). Steindekker. Belegningsstein, heller, gatestein og plater. Statens vegvesen <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-v262-steindekker.pdf>

[4] Vegnormal N200 (2021) Vegbygging, Statens vegvesen <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker/vegnormalene/n200/>

[5] Håndbok 284 (2018): Planlegging og utførelse av komprimeringsarbeid. Varige veger 2011 – 2014. Statens Vegvesen. <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2658779/Rapport%20284%20Planlegging%20og%20utf%C3%B8relse%20av%20komprimeringsarbeid%20varige%20veger%202011-2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[6] Naturstein – Utemiljø. Stenhåndboken Utemiljø. Norsk Bergindustri 2013