



Oppgavens tittel:	Dato: 11.06.2012		
Effekter av armeringsnett ved forsterkning av vegkonstruksjoner	Antall sider (inkl. bilag): 248		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Stud.techn. Øystein Tovslid			
Faglærer/veileder: Helge Mork			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Ivar Faksdal			

<p>Ekstrakt:</p> <p>Denne masteroppgaven ser på hvilken effekt et armeringsnett har i vegoverbygninger, samt erfaringer som er gjort fra forskjellige hold. I tillegg er det foretatt analyser av seks vegstrekninger i Sør-Trøndelag der armering har vært benyttet.</p> <p>Forskningsresultatene viser hovedsakelig at geonett har effekt for tynne overbygninger, og at desto dårligere undergrunnen er desto større effekt har geonettet. Flere forskningsrapporter viser også at man kan redusere overbygningstykkelsene ved hjelp av geonett, eventuelt forlenge levetiden til vegen.</p> <p>Statens Vegvesen er relativt reserverte for ideen om å redusere lagtykkelsene i overbygningen. De er også i mot å bruke «unaturlig» materiale i overbygningen. Fra et miljøperspektiv er ikke dette en unaturlig tankegang, men det er flere argumenter for at det i enkelte prosjekter kan være mer miljøvennlig å benytte geonett. Faktumet at det er kaldt i Norge på vinteren, gjør at argumentet om frostsikring av vegene er aktuelt. Reduserte lagtykkelser kan muligens føre til mer telehiv på vegene.</p> <p>Analysen av vegstrekningene (spor, IRI, bæreevne, G90-verdier og skadeomfang) viser at strekninger med geonett, total sett, har like bra eller bedre resultater som strekninger uten geonett. Samlede resultater viser at både skadenes utbredelse og alvorlighet er mindre der det ligger geonett. Dette selv om initialforholdene var verre, og lagtykkelsene redusert for strekninger med geonett. Strekninger med geonett har ikke like gode resultater som der det er masseutskiftet.</p> <p>Både bæreevnen og G90-verdiene antyder at det har vært en låsende effekt over tid i geonett. Generelt har bæreevnen til strekninger med geonett økt mer enn for strekninger uten geonett. Tilsvarende har G90-verdiene sunket mer for strekninger med geonett.</p> <p>For veger med dårlig undergrunn, tynn overbygning eller for forsterkningstiltak virker geonett som en god løsning. Om dette er en god løsning med tanke på frostsikring, miljøhensyn, økonomi og annet må diskuteres i hvert enkelt prosjekt.</p> <p>Alt i alt virker geonett som en god løsning der forholdene ligger til rette for det.</p>
---

Stikkord:

1. Armeringsnett
2. Geonett
3. Forsterkning
4. Vegkonstruksjon

(sign.)





# FORORD

I Norge er det en del klaging på vegstandarden, spesielt på mindre veger. Dette har ført til at jeg ville skrive om rehabilitering av veger. Etter en samtale med Ivar Faksdal på Rambøll i Trondheim, ble det klart at armering av veger var et tema som ble diskutert en del i miljøet. Dette var et tema jeg ikke kunne noe om, og jeg synes derfor at dette virket interessant.

Målgruppen for denne oppgaven er medstudenter. Siden vi ikke har hatt undervisning på dette emnet, er det valgt å inkludere noe informasjon som er av generell karakter.

Masteroppgaven har en tidsperiode på 20 uker (pluss en uke for påske). Den første halvdelen av tidsperioden har gått med til å lese om emnet, lære og å sette seg inn i de forskjellige problemstillingene. Den andre halvdelen har bestått av NVDB-analysene og hoveddelen av skrivearbeidet.

Det var i forbindelse med denne oppgaven planlagt at det skulle ses på tilgjengelig programvare for beregning av overbygningstykkelser med armering. Denne programvaren ble ikke gjort tilgjengelig, og dermed er det heller ikke sett på dette i denne oppgaven.

Det rettes en spesiell takk til Helge Mork ved NTNU og Ivar Faksdal ved Rambøll for hjelp med oppgaven. Det rettes også en takk til flere personer i Statens Vegvesen, samt andre som har bidratt med informasjon og innspill underveis.

Videre takkes medstudentene på kontoret for generell støtte og underholdning.

Trondheim 11. juni 2012



Øystein Tovslid



# SAMMENDRAG

Denne masteroppgaven ser på hvilken effekt et armeringsnett har i vegoverbygninger, samt erfaringer som er gjort fra forskjellige hold. I tillegg er det foretatt analyser av seks vegstrekninger i Sør-Trøndelag der armering har vært benyttet.

Forskningsresultatene viser hovedsakelig at geonett har effekt for tynne overbygninger, og at desto dårligere undergrunnen er desto større effekt har geonettet. Flere forskningsrapporter viser også at man kan redusere overbygningstykkelsene ved hjelp av geonett, eventuelt forlenge levetiden til vegen.

Statens Vegvesen er relativt reserverte for ideen om å redusere lagtykkelsene i overbygningen. De er også i mot å bruke «unaturlig» materiale i overbygningen. Fra et miljøperspektiv er ikke dette en unaturlig tankegang, men det er flere argumenter for at det i enkelte prosjekter kan være mer miljøvennlig å benytte geonett. Faktumet at det er kaldt i Norge på vinteren, gjør at argumentet om frostsikring av vegene er aktuelt. Reduserte lagtykkelser kan muligens føre til mer telehiv på vegene.

Analysen av vegstrekningene (spor, IRI, bæreevne, G90-verdier og skadeomfang) viser at strekninger med geonett, total sett, har like bra eller bedre resultater som strekninger uten geonett. Samlede resultater viser at både skadenes utbredelse og alvorlighet er mindre der det ligger geonett. Dette selv om initialforholdene var verre, og lagtykkelsene redusert for strekninger med geonett. Strekninger med geonett har ikke like gode resultater som der det er masseutskiftet.

Både bæreevnen og G90-verdiene antyder at det har vært en låsende effekt over tid i geonett. Generelt har bæreevnen til strekninger med geonett økt mer enn for strekninger uten geonett. Tilsvarende har G90-verdiene sunket mer for strekninger med geonett.

For veger med dårlig undergrunn, tynn overbygning eller forsterkningstiltak virker geonett som en god løsning. Om dette er en god løsning med tanke på frostsikring, miljøhensyn, økonomi og annet må diskuteres i hvert enkelt prosjekt.

Alt i alt virker geonett som en god løsning der forholdene ligger til rette for det.



# ABSTRACT

This thesis looks at the effect of a geogrid in road construction, and the experience gained from various sources. In addition a set of six roads in Sør-Trøndelag where reinforcement has been used are analyzed.

Research results show mainly that the geogrid is effective for thin pavements, and that the poorer the subsoil, the greater the effect is. Several research reports show that the pavement thickness can be reduced if geogrids is present, or it may extend the life of the pavement.

Norwegian Public Roads Administration is relatively reserved about the idea of reducing the thickness of the pavement. They are also against the use of an "unnatural" material in the pavement. From an environmental perspective, this is not an unnatural way of thinking, but there are several arguments that certain projects may be more environmentally friendly using geogrids. The fact that it is cold in Norway makes the argument for frost protection of roads necessary. Reduced thickness may possibly lead to more frost heave on the roads.

The analysis of the six stretches of roads (rutting, IRI, bearing capacity, G90-values and the extent of damage) show that stretches with geogrid, overall speaking, has as good or better results than stretches without geogrid. Aggregate results show that both the extent and the severity of the damages are smaller on the stretches with geogrids. This even though the initial conditions were worse for stretches with geogrids.

Both bearing capacity and G90-values suggest that there has been a locking effect over time in the geogrid. In general, the carrying capacity of the sections with geogrid increased more than stretches without geogrid. Similarly, G90-values decreased more for stretches with geogrids.

For roads with a soft subgrade, thin pavement or for reinforcement measures geogrid seems like a good solution. If this is a good solution in terms of frost protection, environment, economy and more needs to be discussed in each project.

All in all geogrids seems like a good solution where conditions are favorable.



# INNHALDSFORTEGNELSE

1.	INNLEDNING .....	1
2.	HISTORISK TILBAKEBLIKK .....	3
3.	VIRKEMÅTEN TIL GEONETT.....	5
4.	BAKGRUNN FOR ØNSKET OM BRUK AV ARMERING I VEGKONSTRUKSJONER .....	9
4.1.	Reduserte lagtykkelser .....	10
4.2.	Økt vedlikeholdsintervall .....	11
4.3.	CO <sub>2</sub> -utslipp .....	12
4.4.	Hindre videre utvikling av sprekker .....	13
5.	ERFARINGER OG SYNSPUNKTER.....	15
5.1.	Regler og synspunkter fra Statens Vegvesen .....	16
5.2.	Erfaringer fra forskningshold .....	19
5.2.1.	Laboratorieforsøk .....	20
5.2.2.	Matematiske analyser.....	24
5.2.3.	Fullskalaforsøk .....	25
5.2.4.	Samlede resultater fra flere rapporter .....	29
5.3.	Erfaringer fra andre land enn Norge .....	32
5.4.	Erfaringer fra Ringebu kommune, Oppland .....	34
5.5.	Erfaringer fra TenTex (selger).....	35
5.6.	Programvare.....	36
6.	NVDB-ANALYSE AV VEGSTREKNINGER.....	37
6.1.	Fv 293 hp50 Heimsjø, Hemne .....	43
6.1.1.	Gjennomgang av bilder og dekkeskader.....	44
6.1.2.	Utvikling av jevnhet (Spor og IRI).....	46
6.1.3.	Bæreevnmålinger foretatt av SVV .....	48
6.1.4.	Oppsummering .....	48
6.2.	Fv 301 hp01 Våvatnet, Snillfjord .....	49
6.2.1.	Gjennomgang av bilder og dekkeskader.....	50
6.2.2.	Utvikling av jevnhet (Spor og IRI).....	52
6.2.3.	Bæreevnmålinger foretatt av SVV .....	54
6.2.4.	Oppsummering .....	57

6.3.	Fv 315 hp01 Hellandsjø, Hemne .....	58
6.3.1.	Gjennomgang av bilder og dekkeskader.....	59
6.3.2.	Utvikling av jevnhet (Spor og IRI).....	61
6.3.3.	Bæreevnmålinger foretatt av SVV .....	63
6.3.4.	Oppsummering .....	65
6.4.	Fv 410 hp01 Titran, Frøya.....	66
6.4.1.	Gjennomgang av bilder og dekkeskader.....	68
6.4.2.	Utvikling av jevnhet (Spor og IRI).....	69
6.4.3.	Bæreevnmålinger foretatt av SVV .....	71
6.4.4.	Oppsummering .....	74
6.5.	Fv 692 hp01 Korsvegen, Melhus .....	75
6.5.1.	Gjennomgang av bilder og dekkeskader.....	76
6.5.2.	Utvikling av jevnhet (Spor og IRI).....	77
6.5.3.	Bæreevnmålinger foretatt av SVV .....	80
6.5.4.	Oppsummering .....	83
6.6.	Fv 774 hp01 Sjetnan, Skaun .....	84
6.6.1.	Gjennomgang av bilder og dekkeskader.....	85
6.6.2.	Utvikling av jevnhet (Spor og IRI).....	86
6.6.3.	Bæreevnmålinger foretatt av SVV .....	86
6.6.4.	Oppsummering .....	89
6.7.	Oppsummering av alle vegstrekingene.....	90
7.	TOTALINNTRYKK AV GEONETT .....	95
8.	KONKLUSJON .....	97
9.	VIDERE ARBEID .....	99
	KILDER .....	101
	VEDLEGG .....	105
	BILAG .....	105



# BILDELISTE

Bilde 1 « <i>Reparing scene of a broken dyke with bamboo and timber in China in 1935</i> » (YAMANOUCI, T., 1986) .....	3
Bilde 2 En visuell beskrivelse av hvordan armering i granulære materialer fungerer. Uten triangelet kan ikke kulene stables på denne måten. (TENSAR, 2009) .....	5
Bilde 3 « <i>Armering under fylling på bløt grunn gir økt bæreevne. a) Spredningsbrudd uten armering. b) Økt bæreevne med armering under fylling</i> » (VEGDIREKTORATET, 2008) .....	6
Bilde 4 Prinsipiell skisse av hvordan de granulære materialene blir låst i armeringsnettet. (TENSAR, 2011) .....	6
Bilde 5 Prinsipiell skisse over influensområdet til armeringsnettet (TENSAR, 2010) .....	6
Bilde 6 Lokalt skjærbrudd mot generelt skjærbrudd (SHUKLA, S. K., 2011) .....	7
Bilde 7 Oversikt over hvor man bør plassere armeringen, etter skadetype (THODESEN, Carl Christian, 2012 (A)) .....	8
Bilde 8 Deformasjon mot antall repetisjoner. 1. lastsyklus .....	22
Bilde 9 Deformasjon mot antall repetisjoner. 3. lastsyklus .....	22
Bilde 10 Kumulativ vertikal tøyning på slutten av 3. lastsyklus .....	23
Bilde 11 Oversikt over forsøksfeltet, inkludert overbyggningsutforming. (AL-QADI, Imad L. et al., 2010) .....	27
Bilde 12 ATLAS med et tvillinghjul (v) og med et bredanedek (h). (AL-QADI, Imad L. et al., 2010) .....	27
Bilde 13 SR (Surface Rating) som gjennomsnitt for alle strekningene per år. «Type V Fabric» er det samme som fiberduk. (Saw & Seal kan det ses bort fra i denne oppgaven, da det er et totalt annerledes tiltak. I tillegg er det kun én strekning som danner datagrunnlaget for Saw & Seal) (CLYDE, Timothy, 2011) .....	33
Bilde 14 Oversiktskart over strekningene som omtales. ....	37
Bilde 15 Graf for tolkning av IRI-verdier (VÆRNES, Einar, 2008) .....	41
Bilde 16 Kart over plassering av Fv 293 hp 50. Heimsjø i Hemne kommune. (NVDB, 2012) .....	43
Bilde 17 Overbygningen på strekninger med geonett .....	44
Bilde 18 Eksempel på sprekk midt i vegen. Strekningen med karakter H, Profil 1333. (NVDB, 2012) .....	45
Bilde 19 Sporutvikling .....	46
Bilde 20 Utviklingen for 90 prosentilene for spor. Se Bilag 2 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier .....	47
Bilde 21 Utviklingen for 90 prosentilene for jevnhet på langs (IRI). Se Bilag 4 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier .....	47
Bilde 22 Kart over plassering av Fv 301 Våvatnet, Snillfjord kommune (NVDB, 2012) .....	49
Bilde 23 Overbygningen på strekninger med geonett .....	50

Bilde 24 Eksempel på sprekker som brer seg fra skulderen og innover. Profil 1610 (NVDB, 2012) .....	51
Bilde 25 Et (ekstremt) eksempel på sporutvikling. Se Bilag 1 for hele vegstrekningen. ...	52
Bilde 26 Utviklingen for 90 prosentilene for spor. Se Bilag 2 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.....	53
Bilde 27 Utviklingen for 90 prosentilene for jevnhet på langs (IRI). Se Bilag 4 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.....	54
Bilde 28 Eksempel på bæreevne målinger. 19970624 er før forsterkningstiltaket ble gjennomført. Se Bilag 5 for hele strekningen. ....	55
Bilde 29 Utvikling for bæreevnen, 10 prosentiler. Se Bilag 6 for større versjon. ....	56
Bilde 30 Utvikling for G90, 90 prosentiler. Se Bilag 7 for større versjon. ....	56
Bilde 31 Kart over plassering av Fv 315, Hellandsjø, Hemne kommune. (NVDB, 2012) ...	58
Bilde 32 Overbygningen på strekninger med geonett.....	59
Bilde 33 Eksempel på sprekker i ytre hjulspor/ ved skulderen. Profil 1500. (NVDB, 2012) .....	60
Bilde 34 Sporutvikling. Se Bilag 1 for en større versjon.....	61
Bilde 35 Utviklingen for 90 prosentilene for spor. Se Bilag 2 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.....	62
Bilde 36 Utviklingen for 90 prosentilene for jevnhet på langs (IRI). Se Bilag 4 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.....	62
Bilde 37 Bæreevne målinger. 19960514 er før forsterkningstiltaket ble gjennomført. Se Bilag 5 for større versjon.....	63
Bilde 38 Utvikling for bæreevnen, 10 prosentiler. Se Bilag 6 for større versjon. ....	64
Bilde 39 Utvikling for G90, 90 prosentiler. Se Bilag 7 for større versjon. ....	65
Bilde 40 Kart over plassering av Fv 315, Hellandsjø, Hemne kommune. (NVDB, 2012) ...	66
Bilde 41 Overbygningen på strekninger med geonett.....	67
Bilde 42 Eksempel på krakelering av hele vegbanen. Profil 5195. (NVDB, 2012) .....	68
Bilde 43 Sporutvikling. Se Bilag 1 for resten av vegstrekningen, og en større versjon. ....	69
Bilde 44 Utviklingen for 90 prosentilene for spor. Se Bilag 2 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.....	70
Bilde 45 Utviklingen for 90 prosentilene for jevnhet på langs (IRI). ). Se Bilag 4 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.....	71
Bilde 46 Bæreevne målinger. Se Bilag 5 for resten av vegstrekningen, samt større versjoner. ....	72
Bilde 47 Utvikling for bæreevnen, 10 prosentiler. Se Bilag 6 for større versjon. ....	73
Bilde 48 Utvikling for G90, 90 prosentiler. Se Bilag 7 for større versjon. ....	74
Bilde 49 Kart over plassering av Fv 692, Korsvegen, Melhus kommune. (NVDB, 2012) ...	75
Bilde 50 Overbygningen på strekninger med geonett.....	76
Bilde 51 Eksempel på langsgående sprekk midt i vegbanen. Profil 7493. (NVDB, 2012)..	77
Bilde 52 Sporutvikling. Se Bilag 1 for resten av vegstrekningen, og en større versjon. ....	78

Bilde 53 Utviklingen for 90 prosentilene for spor. Se Bilag 2 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.....	79
Bilde 54 Utviklingen for 90 prosentilene for jevnhet på langs (IRI). Se Bilag 4 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.....	80
Bilde 55 Bæreevne målinger. 20040426 er foretatt før det ble lagt et lag med asfalt over grusdekket. 20120418 er foretatt lenge etter tiltaket. Se Bilag 5 for resten av vegstrekningen, samt større versjoner. ....	81
Bilde 56 Utvikling for bæreevnen, 10 prosentiler. Se Bilag 6 for større versjon. ....	82
Bilde 57 Utvikling for G90-verdiene, 90 prosentiler. Se Bilag 7 for større versjon. ....	82
Bilde 58 Kart over plassering av Fv 774, Sjetnan, Skaun kommune. (NVDB, 2012) .....	84
Bilde 59 Overbygningen på strekninger med geonett.....	85
Bilde 60 Eksempel på langsgående «sprekker» midt i vegbanen. Profil 412. (NVDB, 2012) .....	86
Bilde 61 Bæreevne målinger. 19980512 er foretatt før forsterkningstiltakene. Se Bilag 5 for større versjon. ....	87
Bilde 62 Utvikling for bæreevnen, 10 prosentiler. Se Bilag 6 for større versjon. ....	88
Bilde 63 Utvikling for G90-verdiene, 90 prosentiler. Se Bilag 7 for større versjon. ....	88

# TABELLISTE

Tabell 1 Sammenlikning mellom CBR-verdier og bereevnegrupper (HANSEN, Erling, 1970)	20
Tabell 2.....	21
Tabell 3 Oversikt over mange av variablene som påvirker resultatet til en løsning med geonett, i tillegg til hva trendene peker på som de best løsningene (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000).....	30
Tabell 4 Trender for hvor store fordeler rapportene viser at det er med armering (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000).....	31
Tabell 5 Sammendrag av alle vegstrekingene. Radene med « <i>Sporøkning</i> » og « <i>Skader (% av areal)</i> » gjelder rapporten fra 2005. (FAKSDAL, Ivar, 2005).....	38
Tabell 6 Krav til jevnhet på tvers (spor) og på langs (IRI) for parsellnivå. Dette er gitt i Standard for drift og vedlikehold (VEGDIREKTORATET, 2003) .....	42
Tabell 7 Andel skadet areal. Fordelt på vegstrekingene. (Andeler er beregnet som beskrevet i kapittel 6.) .....	90
Tabell 8 Gjennomsnittlige verdier for utbredelse og omfang. Fordelt på vegstrekingene. ....	91
Tabell 9 En kvalitativ vurdering av forskjellige parametere. En oppsummering av kapittel 6.....	93

# 1. INNLEDNING

Denne masteroppgaven skrevet på Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet (NTNU), fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT), og på institutt for bygg, anlegg og transport (BAT). Retningen for oppgaven er Veg.

Oppgaven vil i all hovedsak omhandle bruken av armeringsnett i vegkonstruksjoner. Oppgaveteksten ligger som Vedlegg 1.

Bakgrunnen for oppgaven er at mange, spesielt leverandørene, hevder at en ved bruk av armeringsnett i vegkonstruksjoner kan redusere lagtykkelsene i overbygningen. På grunn av at de opptredende tøyningene i en riktig dimensjonert vegkonstruksjon er små, blir det i andre sammenhenger påstått at bruken av armeringsnett ikke fører til økt bæreevne. Det kan likevel tenkes at det over bruksfasen til en vegkonstruksjon mobiliseres krefter i armeringsnettet.

På midten av 1990-tallet ble flere vegstrekninger i Sør-Trøndelag bygget med armeringsnett. ViaNova fulgte opp noen av disse vegstrekningene i 2005. Denne oppfølgingen viste at de armerte konstruksjonene hadde en delvis gunstigere tilstandsutvikling enn de uarmerte strekningene. Det er derfor interessant å se på den videre utviklingen for disse strekningene.

Hovedspørsmålet som oppgaven tar sikte på å besvare er: *Hvilken effekt har armeringsnett på vegkonstruksjoners styrke og levetid, med bakgrunn i teoretisk og praktisk kunnskap. Det skal også ses på hvilke bruksområder som kan anbefales for armeringsnett.*

Hypotesen er at armeringsnett kan stabilisere veger, og gi besparelser i masseforbruk og kostnader. I hvilken grad dette gjelder er usikkert. Dette er basert på at det blir benyttet armering med godt resultat i andre sammenhenger, for eksempel i betong eller jordskråninger.

Det er kun sett på armering i de granulære lagene med forskjellige produkter av plast. Det vil si at armering i asfaltlaget, stålarmering og glassfiberarmering i all hovedsak er

## INNLEDNING

utelatt, men at de på enkelte områder inngår i betegnelsen armering. Dette er på grunn av at de forskjellige armeringstypene er meget tett knyttet opp mot hverandre i litteraturen og i forskningen.

På grunn av at det er lett å assosiere «armeringsnett» kun med armeringsnett av stål, er det valgt å benytte betegnelsen «geonett» der det kun er snakk om armeringsnett av plastmaterialer. Videre er det skilt mellom ordene «oppgaven» og «rapporten». «Oppgaven» refererer til denne teksten, mens «rapporten» refererer til andre rapporter.

Oppgaven er hovedsakelig delt opp i to deler. I den første delen er det fokusert på erfaringer fra forskjellige aktører. Erfaringene fra forskjellige forskere er basert på en litteraturstudie av tilgjengelige rapporter. Erfaringene fra andre aktører er basert på en blanding av litteraturstudier og direkte kontakt. Den andre delen er en studie av seks forskjellige vegstrekninger, der det er benyttet armeringsnett på deler av strekningene. Denne studien er basert på innsamlede data fra NVDB, samt vegbilder som er gjort tilgjengelige fra Statens Vegvesen.

## 2. HISTORISK TILBAKEBLIKK

Forsøk på å forsterke svake jordmaterialer er ikke et nytt fenomen. Både i det gamle Roma (SHUKLA, Dr. Sanjay Kumar, 2011) og i det gamle Kina og Japan (YAMANOUCI, T., 1986) har det vært benyttet metoder for å stabilisere dårlig grunn. *«It is found that in China during the era before Christ, and in Japan during and after the middle ages, there were quite a few methods using wood or timber, bamboo, twigs, straw and other natural materials which bear a similarity in principle to the use of geotextiles»* (YAMANOUCI, T., 1986). I Norge har det blitt benyttet bakhun som «naturlig armering» i lengre tid, spesielt der det har vært meget dårlig grunn. Dette er fortsatt en metode som er omtalt i vegnormalene (VEGDIREKTORATET, 2011). *«Jordarmering har vært benyttet i Norge siden middelalderen»* (VEGDIREKTORATET, 2008)



Bilde 1 «Repairing scene of a broken dyke with bamboo and timber in China in 1935» (YAMANOUCI, T., 1986)

Prinsippene er derfor relativt gamle, og man kan gå god for at metodene fungerer da de har vært i bruk helt til moderne tid (YAMANOUCI, T., 1986).

De eldste eksemplene på at slik forsterkning er benyttet til å forsterke vegkonstruksjoner er fra det gamle Romerriket. Metodene de brukte er veldig like de som blir benyttet i dag, de la matter over bløt undergrunn før de la steinmaterialer over disse mattene. (SHUKLA, Dr. Sanjay Kumar, 2011).

I USA begynte man i 1926 med feltforsøk av vevde bomullsmatter som grunnforsterkning. I 1950-åra begynte man med det som i dag kalles geotekstiler og geomembraner, for første gang på et damanlegg i Canada. Duker av PVC ble for første gang benyttet i 1958, i Florida, USA. På denne tiden begynte også Japan å benytte duker av PVC. På starten av 1970-åra utviklet Japan vevde duker basert på deres gamle veveteknologi. På midten av 1970-åra hadde flere produsenter i Europa og i USA begynt

## HISTORISK TILBAKEBLIKK

å produsere geoduker, og det var på denne tiden at flere av bruksområdene for geotekstiler ble oppdaget. Geonett ble for første gang beskrevet i 1958 av F. B. Mercer, men det var først i 1970-åra at man fikk utnyttet PVC-materialet på en slik måte at konseptet med en nettingstruktur ble nyttig. (SHUKLA, Dr. Sanjay Kumar, 2011).



### 3. VIRKEMÅTEN TIL GEONETT

Selv om det er flere teknologier og produsenter, er ikke den teoretiske virkemåten veldig forskjellig. Det er ikke mye uenighet i miljøene om hvordan armeringen teoretisk virker i en vegkonstruksjon. De store spørsmålene er heller hvordan armeringen virker praktisk på vegkonstruksjonen, og hvor stor effekt armeringen har. Dette er ikke enkle spørsmål å svare på, da det er veldig mange variabler. Det pågår en del forskning på langtidseffektene, men mye av dette er ikke ferdig (PERKINS, Steven W. et al., NA). Dette kapitlet vil derfor i all hovedsak gi en kort innføring i den teoretiske virkemåten til armering.

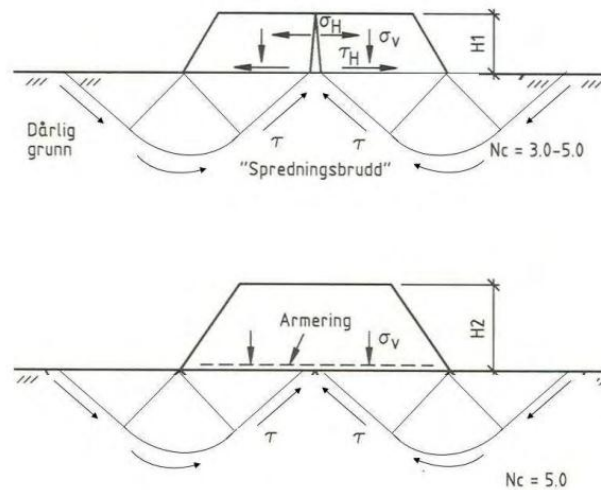
En vegkonstruksjon er normalt bygget opp av granulære materialer, med et asfaltlag på toppen. Dette er materialer som er meget gode til å fordele trykkrefter når konstruksjonen er utført korrekt. Granulære materialer kan imidlertid ikke ta opp strekkrefter, og det er her armeringen kommer inn. På samme måte som for betongkonstruksjoner, skal armeringen i en vegkonstruksjon ta opp de strekkreftene som kan oppstå i konstruksjonen. Dette kan på enkleste måte vises prinsipielt ved å se på Bilde 2. Det er helt naturlig at man ikke kan stable kulene på denne måten uten å benytte triangelet som støtte, med andre ord benytte armering.



Bilde 2 En visuell beskrivelse av hvordan armering i granulære materialer fungerer. Uten triangelet kan ikke kulene stables på denne måten. (TENSAR, 2009)

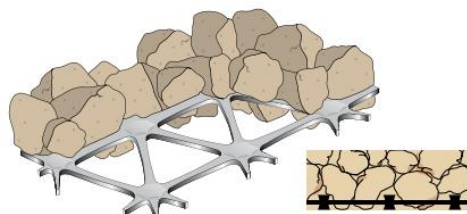
## VIRKEMÅTEN TIL GEONETT

En mer vitenskapelig måte å se på strekkarmeringens funksjon, kan vi se av Bilde 3. Dette bildet viser hvordan armeringen teoretisk kan hindre at spredningsbrudd oppstår i undergrunnen.

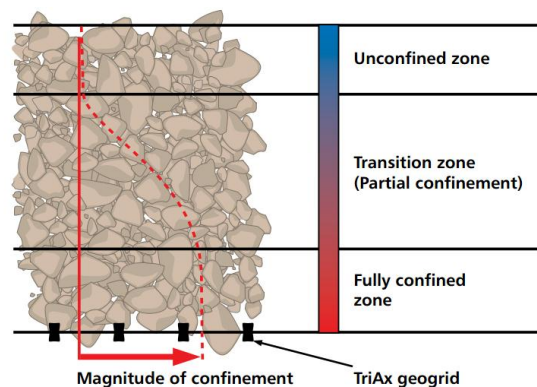


Bilde 3 «Armering under fylling på bløt grunn gir økt bæreevne. a) Spredningsbrudd uten armering. b) Økt bæreevne med armering under fylling» (VEGDIREKTORATET, 2008)

For at armeringen skal kunne fungere på denne måten, må den naturlig nok samvirke med de granulære materialene rundt armeringen. Her er friksjon, låsing og membraneffekt viktige stikkord. I Bilde 4 er det vist en prinsipiell skisse av hvordan partiklene låses inn i armeringsnettet. Dette skal hindre at det oppstår horisontal og vertikal bevegelse (separasjon av partikler som er større enn maskeåpningen) av de granulære materialene i og rundt armeringsnettet. Ved hjelp av friksjonen som er mellom partiklene i det granulære materialet, vil denne låsingeffekten virke på partikler som ikke er i direkte kontakt med armeringsnettet. Denne effekten vil gradvis avta med økt avstand fra nettet, se Bilde 5.

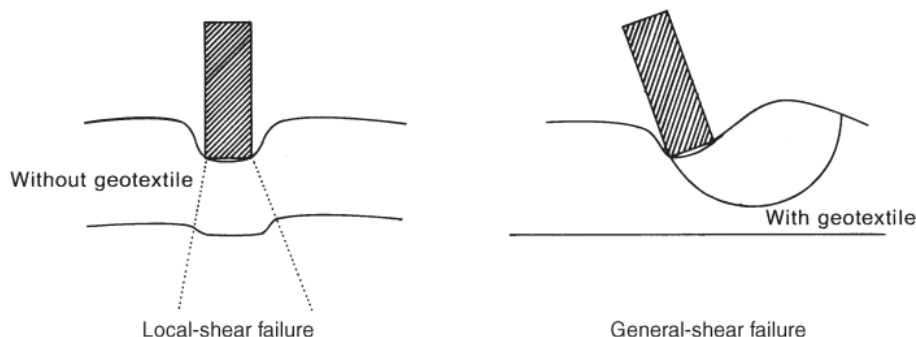


Bilde 4 Prinsipiell skisse av hvordan de granulære materialene blir låst i armeringsnettet. (TENSAR, 2011)



Bilde 5 Prinsipiell skisse over influensområdet til armeringsnettet (TENSAR, 2010)

Denne effekten fører til at det overføres mindre skjærspenninger til undergrunnen. Effekten kalles også *shear stress reduction effect*. Dette fører til at overbygningen heller får et generelt skjærbrudd, enn lokale skjærbrudd som er vanlige for uforsterkede overbygninger (SHUKLA, S. K., 2011), se Bilde 6.



Bilde 6 Lokalt skjærbrudd mot generelt skjærbrudd (SHUKLA, S. K., 2011)

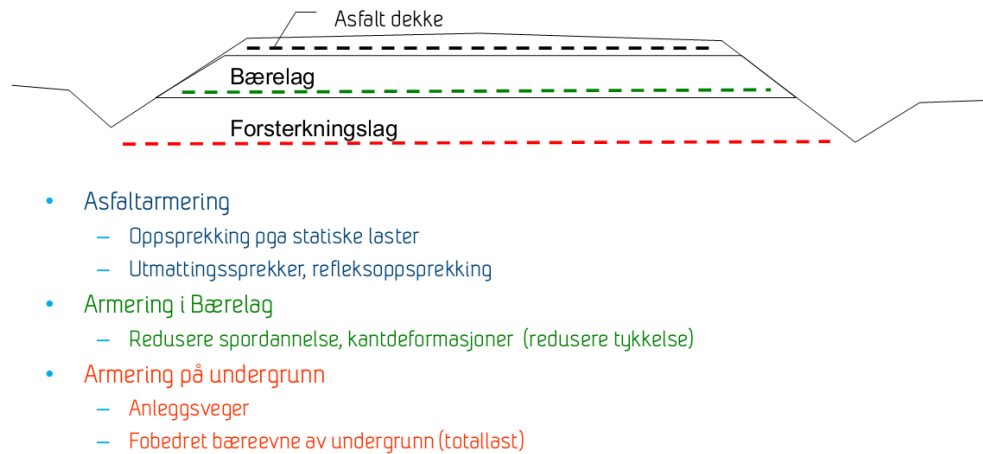
Membraneffekten virker ved at et deformert geonett som påføres normalkrefter og skjærkrefter, vil ha en vertikal komponent som motstår en tilsvarende vertikal last (SHUKLA, S. K., 2011). For at det skal mobiliseres krefter i et armeringsnett, må nettet derfor utsettes for tøyninger.

I hvilken grad effektene i Bilde 4, Bilde 5 og Bilde 6 gjør seg gjeldende i praksis, er ett av de største usikkerhetsmomentene i forhold til armeringsnett. Kwon benyttet finite-element (FE) analyser blant annet for å undersøke dette (KWON, J. et al., 2007). For rene vertikale belastninger rapporterte de om en influenssone på 150mm over og under armeringsnettet. For rene skjærbelastninger rapporterer de om et influensområde på 50mm. Eiksund viste også at influensområdet var på 150mm over geonettet (EIKSUND, G. R. et al., 2004). I hvilken grad høyden på influensområdet har direkte sammenheng med hvor godt et armeringsnett virker er uvisst, men det er naturlig å anta at den har en betydning. Effektene vil uansett variere med armeringsnettets konstruksjonen, og materialene over og under nettet.

Man kan dele setninger i grunnen opp i to hovedtyper, elastiske og plastiske. Det er flere kilder som opplyser om at armeringsnett ikke har effekt på elastiske deformasjoner, og at de aktuelle effektene kun vises ved plastiske deformasjoner, blant andre Thodesen (THODESEN, Carl Christian, 2012 (A)). Dette fører til at en av de vanligste metodene, falloddsmålinger, for å måle bæreevnen på norske veger antagelig ikke vil vise noen effekt av armeringen (THODESEN, Carl Christian, 2012 (A)) (VEGDIREKTORATET, 2011). Mangelen på en god målemetode er et problem, spesielt for å verifisere og kontrollere at armeringsnett har en funksjon som tilfører styrke til konstruksjonen. En løsning er å inspisere aktuelle strekninger, og føre en oversikt over skadene som oppstår over tid (hovedsakelig sprekker og deformasjoner).

## VIRKEMÅTEN TIL GEONETT

Et lite innblikk i hvor man bør plassere armeringen etter skadetype kan man se av Bilde 7.



Bilde 7 Oversikt over hvor man bør plassere armeringen, etter skadetype (THODESEN, Carl Christian, 2012 (A))

Hvis man er interessert i mer informasjon om virkemåter og bruksområder for geosynteter, kan man se i bøkene;

- *Handbook of Geosynthetic Engineering* (SHUKLA, S. K., 2011)
- *Geosynthetics in civil engineering* (SARSBY, R. W., 2007)

## 4. BAKGRUNN FOR ØNSKET OM BRUK AV ARMERING I VEGKONSTRUKSJONER

Det er flere forskjellige grunner for at man kan ønske å benytte armering i vegkonstruksjoner. Hovedsakelig er det potensialet for å spare kostnader som er drivende for utviklingen, men det er også andre både praktiske- og miljømessige årsaker, som kan være drivende. Se kapittel 4.1 til 4.4 for nærmere omtale.

Statens vegvesen startet i 2011 med etatsprogrammet «Varige veger». I dette etatsprogrammet er forsterkning av veger tatt med. Et av målene er å få *«økt dekkelevetid og reduserte årskostnader for vegdekker og dekkekonstruksjoner på det norske vegnettet»* (SABA, Rabbira Garba, 2011). Hvis man oppnår dette, kan det være store gevinster å hente totalt sett. *«Sv og fylkene bruker ca 2 Mrd pr år på dekkelegging. Selv små forbedringer gir store gevinster»* (SABA, Rabbira Garba, 2011).

En av målsettingene til etatsprogrammet, er å utarbeide en egen veiledning om forsterkning av veger (VEGDIREKTORATET, 2011).

### 4.1. Reduserte lagtykkelser

Stein og grus har i lang tid vært brukt i konstruksjoner landet rundt. Dette har blitt sett på som en «uendelig» ressurs som man har kunnet forsyne seg av uten problemer. I de senere årene er det blitt vanligere å se på stein og grusforekomstene som en ikke-fornybar ressurs (WIGUM, Børge Johannes et al., 2009). Dette bør sette klare begrensninger for hvordan disse forekomstene benyttes. Man bør også ha et klart bilde av hvor man benytter forekomstene, slik at utnyttelsen blir best mulig. I nærheten av de store byene er det nå et klart underskudd på naturlige forekomster av sand og grus (WIGUM, Børge Johannes et al., 2009). Dette er et problem som gjelder for både Norge og resten av Europa (ECO-SERVE NETWORK, 2006).

Det naturlige alternativet til naturlige forekomster av grus, er pukk og andre fraksjoner av knust fjell. Disse forekomstene er det «uendelig» mye av spesielt i et land som Norge, men det kreves en del energi å produsere disse materialene. I tillegg til at det er et økende behov for å transportere steinmaterialene lengre (WIGUM, Børge Johannes et al., 2009). Det er også andre miljøproblemer ved slik produksjon som for eksempel støy, støv, avrenning, visuelt osv. Videre er det ikke populært at slike produksjonsanlegg blir plassert i nærheten av bebygde områder. Det kan også være vanskelig å finne riktig fjellkvalitet.

Selv om kostnadene ved steinmaterialer er lave pr tonn (Pukk 16/63mm: 95kr/tonn u/MVA (FRANZEFOSS- VASSFJELLET, 2012)) er det et behov for veldig mange tonn med steinmaterialer, slik at den totale kostnaden for steinmaterialer er relativt høy. Det er derfor et potensiale for reduserte kostander hvis man kan benytte færre tonn med steinmaterialer. Sannsynligheten for at direktekostnadene er lavere for en løsning med geonett, blir betydelig redusert hvis området man skal bygge i har gode materialer til en lav kostnad (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000).

Et annet og mer praktisk tilfelle er ved forsterkning av eksisterende veger. Her kan det være avgjørende for den totale løsningen at man holder vegoverflaten på den «gamle» høyden, samtidig som man øker bæreevnen. Dette fører til at avkjørsler og andre elementer får «riktig» høyde (NYHEIM, Tom Henning, 2012). Man unngår også andre problemer som følger med breddeutvidelser, slik som setninger, kostnader og så videre.

I dette ligger det at hvis man kan redusere tykkelsen på overbygningen uten å svekke styrken til vegkonstruksjonen, kan man potensielt redusere de totale kostnadene. Ved et redusert uttak av steinmaterialer kan man også få færre miljøproblemer rundt knuseverkene.

## 4.2. Økt vedlikeholdsintervall

I Norge er det et stort antall veger med lite trafikk. Disse vegene utgjør den største delen av antall kilometer med veg. Veger med lite trafikk har, på lik linje med andre veger, et behov for vedlikehold. Hvis man kan forlenge levetiden til en veg, er det et potensiale for å redusere de totale kostnadene betydelig.

Det er naturligvis mange måter man kan forsterke en veg på slik at den får et lengre vedlikeholdsintervall. Dette kan for eksempel være å bygge med en tykkere overbygning på den tradisjonelle måten, benytte andre bindemidler i asfaltlagene, eller muligens benytte armering i overbygningen.

Levetidsfaktor (Opptredende dekkelevetid) er allerede innlemmet i vegvesenets håndbok *Vegbygging*, Hb018. Funksjonen til levetidsfaktoren er å angi hvilket forsterkningsbehov en gitt vegstrekning har, sett i forhold til det som kan forventes for denne typen asfaltdekke. I prinsippet skal alle veger som er bygget etter standardene i Hb018, tilfredsstille kravene til levetid, men dette er ikke alltid tilfelle.

Et ønske om å øke vedlikeholdsintervallet på vegene, uten å benytte de tradisjonelle metodene som ofte er kostbare, har vært en av de drivende faktorene for utviklingen av armeringsnett for vegkonstruksjoner.

Det er nevnt i kapittel 4.1 at det er et ønske om å benytte tynnere overbygninger. Hvis man derimot bygger like tykke overbygninger som vanlig, men benytter armering i tillegg, er det flere som påstår at dette forsterker vegen betydelig (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000). Man kan dermed få et enda lengre vedlikeholdsintervall der dette er ønskelig.

### 4.3. CO<sub>2</sub>-utslipp

CO<sub>2</sub>-utslipp er et tema som det ikke er skrevet spesielt mye om, og det er i denne sammenhengen bare funnet opplysninger om dette fra Tensar (TENSAR, 2012). Siden CO<sub>2</sub>-utslipp er såpass mye i mediebildet, bør også dette temaet omtales. Det må imidlertid ikke legges avgjørende vekt på CO<sub>2</sub>-utslipp som en faktor, siden det kun er funnet informasjon hos produsent/selger. Det er også en rekke forutsetninger som ligger til grunn for «karbonkalkulatoren» som Tensar har på sine internettsider (TENSAR, 2012). «Karbonkalkulatoren» er også tilpasset Norge.

På grunn av de nevnte forholdene, skal denne oppgaven kun gjengi hva produsenten opplyser;

*«Savings in CO<sub>2</sub>emissions of up to 50% can be achieved when compared with an unstabilised road foundation» (TENSAR, 2012).*

Hvis disse opplysningene kan verifiseres av andre uavhengige institusjoner, kan bruken av geonett økes som en følge av et ønske om å redusere de totale CO<sub>2</sub>-utslippene. Dette kan muligens endre på synspunktet om at det er «sunnest» å bygge en veg med naturlige materialer. Dette forutsetter selvfølgelig at vegkonstruksjonen blir like god som med en tradisjonell byggemetode. Dette er det ulike meninger om (se kapittel 5).



#### 4.4. Hindre videre utvikling av sprekker

Hvordan man best mulig skal hindre at allerede oppståtte sprekker skal utvikle seg opp gjennom en ny konstruksjon, har lenge vært et kjent problem (VEGDIREKTORATET, 1996). Dette er omtalt som refleksjonssprekker. Valget har ofte vært mellom å akseptere refleksjonssprekkene, eller benytte kostbare løsninger. Tradisjonelle metoder for å løse slike problemer er ofte dyptgående. Dette kan for eksempel være masseutskifting, breddeutvidelse eller å øke lagtykkelsene for konstruksjonen. *«Etter relativt kort tid må en forvente at mesteparten av de gamle sprekkene kommer til syne i det nye dekket. Man har som regel valget mellom å akseptere sprekkene eller å gjennomføre spesielle tiltak ved armering, eller på annen måte bryte sprekkens forplantning opp i det nye dekket»* (VEGDIREKTORATET, 1996). Det vil ofte være snakk om å armere asfaltlaget i en slik situasjon. Produsenter (TENSAR, 2012) og andre (THODESEN, Carl Christian, 2012 (B)) fremholder at armering fungerer som en god løsning for å hindre refleksjonssprekker.

Langsgående- og tversgåendesprekker sprekker kan ha mange årsaker (VEGDIREKTORATET, 1996), men flere påstår at geonett forsinker/hindrer at det blir sprekker i asfaltdekket (TENSAR, 2012), (NYHEIM, Tom Henning, 2012). Dette kan henge sammen med at geonett gjør at telehiv blir slakere (NYHEIM, Tom Henning, 2012) og at geonett kan harmonisere grunnforholdene (RYKHUS, Terje, 2012). Statens Vegvesens håndbok 018, Vegbygging sier imidlertid at geonett ikke gjør telehiv slakere (VEGDIREKTORATET, 2011).

Sprekker i asfaltdekket er et kjent problem på Norske veger. Hvis geonett kan redusere problemet, er det potensielt store kostnader på vedlikehold av vegnettet som kan spares.



## 5. ERFARINGER OG SYNSPUNKTER

Dette kapittelet ser nærmere på erfaringer fra flere forskjellige aktører. Det er viktig å belyse dette siden fagmiljøet ikke er enige i hvor nyttig geonett er. Erfaringene og synspunktene varierer fra at det har liten nytte, til at det er av stor betydning ved enkelte forhold.

Erfaringene og synspunktene dekker et bredt felt, med vidt forskjellige insentiver som ligger i bakgrunnen. Det største spennet er det mellom kjøperne (forvaltningen) og selgerne. Dette er det samme som for alle andre kjøper/selger forhold. Mye av informasjonen rundt armeringsnett består av subjektive vurderinger, ofte med påstand mot påstand, som kan vanskeliggjøre entydige konklusjoner (VEGDIREKTORATET, VEGLABORATORIET, 1997).

Forvaltningen er i denne sammenhengen flere enn Statens Vegvesen. Kommunene har også ansvar for store deler av vegnettet i Norge. Hovedvekten av «forvaltningens syn» er basert på synspunkter og håndbøker fra Statens Vegvesen. Det er innhentet synspunkter fra én kommune. Dette er for å synliggjøre erfaringene deres basert på vegstandarden og trafikkmengdene som det er på slike veger. Siden det er så mange kommuner og fylker, vil det være et studie i seg selv å undersøke prosedyrer og erfaringer fra disse. Erfaringene som er vist i kapittel 5.4, må derfor kun ses på som et eksempel.

## 5.1. Regler og synspunkter fra Statens Vegvesen

Dette kapittelet vil omhandle dagens bruk av armeringsnett i vegkonstruksjoner. Dette vil i all hovedsak representere synet til Statens Vegvesen (SVV). Årsaken til det er at det er de som lager reglene, og godtar eventuelle avvik fra disse.

Hvilke materialer som blir benyttet er høyst avhengig av de stedlige forholdene, men det er et stående prinsipp at en veg skal være bygget opp av naturlige materialer. Armering ikke har heller ingen «*naturlig eller framtreddende plass i oppbyggingen av et vegfundament for ny veg*» (MYHRE, Øystein, 2012).

Statens vegvesens *håndbok 018 Vegbygging* inneholder reglene som kan komme til anvendelse for overbygningen av en veg. Denne håndboken har flere kapitler som omhandler armering i overbygningen, hovedsakelig kapitlene 235. *Armering under fylling* og 525. *Armering*. I kapittel 53. *Forsterkning av veg* inngår armering som et av tiltakene som det er mulig å benytte. *Vedlegg 9 – Forsterkningstiltak* inneholder også en god del om armering av vegkonstruksjoner. I tillegg til disse kapitlene blir armering nevnt enkelte andre steder. Bruk av armering i vegkonstruksjoner er med andre ord nevnt en del steder i håndbok 018. Dette betyr imidlertid ikke at det er lagt spesielt stor vekt på armering av vegkonstruksjoner, eller at det er åpnet for utstrakt bruk av armering.

Kapittel 525. *Armering* setter klare grenser for hvordan forvaltningen mener at armering skal benyttes, både ved nyanlegg og ved forsterkningstiltak. «*Ved nyanlegg vil det normalt ikke være aktuelt å benytte armeringsprodukter (nett, duk og kompositter) i overbygningen. Ny overbygning bør i utgangspunktet bygges opp uten å være avhengig av hjelpetiltak som armering og lignende. Unntak kan være ved bygging av veg på bløt grunn*» (VEGDIREKTORATET, 2011). Det er viktig å merke seg at det som omhandler armering på bløt grunn begrenser seg til «*å sikre tilstrekkelig bæreevne i anleggsfasen, og da som et geoteknisk tiltak.*» (VEGDIREKTORATET, 2011). Denne metoden blir omtalt som en meget god metode for å unngå å kjøre i stykker trauet ved anlegg av ny veg (VASLESTAD, Jan, 2012). Moderne vegbygging innebærer ofte at det blir benyttet tyngre anleggsmaskiner enn før, og dette tilsier at det kan bli nødvendig med tykkere vegfundament i anleggsfasen (MYHRE, Øystein, 2012).

Et annet sted i håndbok 018 (*kapittel 512.134 Andre dimensjoneringsmessige vurderinger*) kommer det klart frem at kravet til tykkelsen på forsterkningslaget ikke kan reduseres for nye veger. «*Krav til tykkelse på forsterkningslag reduseres ikke ved bruk av armering. Armeringen betraktes som et hjelpemiddel i anleggsfasen, men ikke som en permanent "del" av forsterkningslaget*» (VEGDIREKTORATET, 2011). Det åpnes med andre ord ikke opp for å benytte armering som et produkt som tilfører styrke til den ferdige konstruksjonen (MYHRE, Øystein, 2012) (VASLESTAD, Jan, 2012).

Et annet viktig element for land som har mye kulde er behovet for frostsikring. Dette er noe som «*tilsier tykkere vegfundament (evt. med delvis bruk av isolasjonsmaterialer)*» (MYHRE, Øystein, 2012). For spørsmålet om hvordan geonett påvirker telehiv og telesprekker er håndbok 018 klar. Armering i dekket eller bærelaget kan redusere omfanget av telesprekker, men «*tiltaket vil i liten grad redusere ujevnt telehiv*». (VEGDIREKTORATET, 2011)

«*Positiv effekt av armering i vegfundament (forsterknings- og bærelag) har dessuten vært tildels vanskelig å påvise*» (MYHRE, Øystein, 2012). Grunnen for dette, er at de deformasjonene som vil opptre i et korrekt oppbygd vegfundament vil være små. Det vil dermed ikke bli mobilisert strekk-krefter i armeringen (MYHRE, Øystein, 2012).

For forsterkningsarbeider åpnes det for å bruke armering i forbindelse med å hindre oppsprekking av dekket. Dette kan være ved breddeutvidelser, refleksjonssprekker eller telesprekker. I tilfeller der det er problemer med å opprettholde en tilfredsstillende vegbredde, kan armering gi reduserte lagtykkelser for forsterkningslaget. Også for forsterkningsarbeider er hovedprinsippet at «*lagtykkelsene bør ikke reduseres ved bruk av armering*» (VEGDIREKTORATET, 2011). Sett i forbindelse med «skal, bør og kan» kravene som håndboksystemet opererer med, betyr dette at lagtykkelsene kan reduseres hvis dette begrunnes og godkjennes av Regionvegkontoret.

Hvis man så ser på vedlegg 9 – Forsterkningstiltak kan man se en annen, og noe mer moderat, formulering. «*Ved forsterkning av veger med liten bæreevne kan armering gi reduksjon i tykkelsen på forsterkningslaget. (...). Tykkelsen av bærelaget skal normalt ikke reduseres. Armeringen kan bestå av geonett, geokompositter eller vevd fiberduk*» (VEGDIREKTORATET, 2011).

Andre håndbøker som omhandler armering i vegkonstruksjoner er *håndbok 016 Geoteknikk i vegbygging* og *håndbok 274 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger*. Begge disse håndbøkene har fokus på geoteknikksidene av vegbygging. Dette vil si at de kun tar hensyn til armering under vegkroppen, og ikke omtaler armering i overbygningen. I *håndbok 016* omhandler hele kapittel 16 forskjellige former for armert jord. Kapittel 16.6 går direkte på «*armering under fylling på bløt grunn*» (VEGDIREKTORATET, 2010). Dette kapittelet omhandler mer enn *håndbok 018*, spesielt for hvordan man skal regne ut stabilitet. I *håndbok 274* er det kapittel 1.4 som omhandler armering under fyllinger. Dette kapittelet er mer eller mindre likt med kapittel 16.6 i *håndbok 016*. Når det gjelder armering under fylling er håndbøkene *016*, *018* og *247* samstemte.

I dag er det et relativt konservativt syn i den norske forvaltningen av vegene. Det legges kort og godt ikke opp til å benytte armeringsnett som et element som tilfører styrke til vegkonstruksjonen (HOFF, Inge, 2010). De anvendelsesområdene som det er åpnet for, er anleggstekniske forhold og under fyllinger på spesielt dårlig grunn. Med tanke på de

store kostnadene som er involvert, er det forståelig at det er en konservativ holdning. Også med tanke på at mekanismene som virker inn ikke er nøyaktig beskrevet og dokumentert (se kapittel 3), er det forståelig med en konservativ holdning. Det bør være en sikkerhet for at den løsningen som kjøpes er god.

Spesielt Hb018 er noe ustrukturert med tanke på armering. Denne bør *«omarbeides for å bli mere brukervennlig og forståelig. Slik som det står i dag, er det lite egnet til praktisk bruk»* (VASLESTAD, Jan, 2012). Dimensjoneringssystemet i Hb018 bør også ta mer hensyn til egenskapene som armering har (VASLESTAD, Jan, 2012).

Plastiske deformasjoner er ikke et direkte dimensjoneringskriterium i Hb018. Det benyttes lastfordelingskoeffisienter, som er en blanding av teori og erfaringer (WATN, Arnstein, 2010). Siden geonett ikke tilfører elastisk stivhet til konstruksjonen (VEGDIREKTORATET, 2011), vil ikke geonett ha noen effekt slik dimensjoneringssystemet er i dag. *«Dagens norske dimensjoneringssystem gjør det vanskelig å ta hensyn til effekten av armering»* (HOFF, Inge).

## 5.2. Erfaringer fra forskningshold

En stor mengde med forskjellige forsøk har blitt utført for å prøve å beskrive hvordan geonett i vegkonstruksjoner fungerer. I dette kapittelet skal dette belyses ved å beskrive og gjengi noen forsøksrapporter med forskjellige innfallsvinkler.

I arbeidet med denne oppgaven er det lest et relativt stort antall forskningsrapporter, og dette kan ikke gjengis i detalj. For å få så oppdaterte forsøksresultater som mulig er det hovedsakelig fokusert på rapporter som er skrevet på 2000-tallet, men enkelt rapporter er betydelig eldre enn dette. Mye arbeid er lagt ned før år 2000, og de eldre rapportene er med for å belyse dette, og det meste av denne kunnskapen er like gjeldende i dag som den var da den ble skrevet. Man bør likevel merke seg at det skjer mye på teknologifronten, og at det dermed har vært en utvikling de siste 30+ årene.

Den teknologiske utviklingen er, som annen teknologi i dag, i en veldig utvikling. Dette fører til at kunnskapen om materialene, utformingen og begrensingene som gjaldt «i går», er «gammel» i dag. Dette får igjen de konsekvensene at lab- og fullskalaforsøkene som er utført, kun blir å anse som «veiledende», da det er nye, og ofte uprøvde (av kjøper) metoder som leverandørene snakker om. Regelverket vil også ha problemer med å holde følge, da en endring av for eksempel utformingen kan få store konsekvenser for anvendelsesområdene og dermed et behov for endringer i regelverket.

De etterfølgende delkapitlene vil gi ett innblikk i endel forskningsrapporter. Kapittelet er inndelt i de tre hovedinnfallsvinklene som er gjeldende for forskningen; Laboratorieforsøk, matematiske analyser og fullskalaforsøk.

I kapittel 5.2.4 er det gjengitt resultater fra en rapport (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000) som har samlet resultater fra en mengde andre rapporter. Hovedinntrykket fra denne rapporten reflekterer hovedinntrykket som undertegnede har, etter å ha lest et stort antall rapporter. Det er naturlig at mange av rapportene som er studert i forbindelse med denne oppgaven, er de samme som rapporten (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000) omtaler.

Under er det sett nærmere på et par punkter som ikke blir belyst av de andre rapportene, men som likevel er viktig å få belyst fra forskerhold.

Det er ikke vanskeligere å bygge med geonett enn det er med andre konstruksjonsmåter. Det er en teknikk som må læres, men som ellers ikke er spesielt komplisert. Det er imidlertid viktig å benytte riktige maskiner. (THODESEN, Carl Christian, 2012 (B))

Et annet og viktig punkt er hvordan overbygningen vil oppføre seg i forhold til telehiv. Hvis man reduserer lagtykkelsene, er det en risiko for at telehiv kan bli et større problem

enn det er i dag. På dette punktet er forskerenne på linje med Statens Vegvesen. «Teleforholdene tilsier ikke redusert lagtykkelse pga nett» (WATN, Arnstein, 2010).

Traffic benefit ratio (TBR) benyttes i flere av rapportene. Dette er en enhet som sier noe om nytten til et gitt tiltak. TBR-verdien er definert som det antallet repetisjoner som er nødvendig for å nå en gitt spordybde for en armert strekning, dividert med antallet repetisjoner som er nødvendig for en strekning uten armering. Kriteriet for spordybde, lagtykkelser og grunnforhold må naturligvis være like. (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000)

California bearing ratio (CBR) benyttes av veldig mange rapporter til å beskrive styrken på undergrunnen. CBR-verdien viser relativ bæreevne (VEGDIREKTORATET, 2005) som et forholdstall til en gitt standardverdi (vellgradert knust stein (PAVEMENTINTERACTIVE, 2007)). For lettere å relatere CBR-verdiene til verdier som brukes i Norge, se Tabell 1.

Tabell 1 Sammenlikning mellom CBR-verdier og bæreevnegrupper (HANSEN, Erling, 1970)

Bæreevnegruppe	CBR
6	1
5	2
4	3
3	7

### 5.2.1. Laboratorieforsøk

Et hovedtrekk ved LAB-analyser er at de er av en begrenset fysisk størrelse. Det skal, som oftest, være mulig å ha innretningen inne i et bygg. Dette fører naturlig nok til at de prøveklassene det er snakk om, maksimalt er noen meter.

Et annet viktig element å være klar over er at LAB-forsøkene stort sett fokuserer på plastiske deformasjoner, det vil si at de ofte fokuserer på forsøk som måler CBR-verdier, eller andre forsøk som fører til plastiske deformasjoner. Flere av forsøkene fokuserer bare på grusdekker. De ser med andre ord vekk fra effektene som et asfaltdekke kan føre med seg. Dette er blant annet et problem på grunn av at den akseptable deformasjonen til et asfaltdekke, er betydelig mindre enn for et grusdekke (WILLIAMS, Eric Duncan and Okine, Nii O. Attah, 2007). De fleste laboratorieforsøkene ser også bort fra eventuelle effekter som kommer av et rullende hjul, da de stort sett ser på statiske og dynamiske bevegelser i vertikalplanet.

Flere rapporter bruker ca. 25mm deformasjon i overflaten som et kriterium for en feilet overbygning, blant annet (PALMEIRA, Ennio M. and Antunes, Luiz G. S., 2010). Dette stemmer bra med SVV's *håndbok 111*, der 25mm spordybde er satt som maksimum deformasjon på parsellnivå for veger med asfaltdekke (VEGDIREKTORATET, 2003).



## Laboratorieforsøk 1

Dette er en rapport som heter «Effect of geogrid in granular base strength – An experimental investigation» (WILLIAMS, Eric Duncan and Okine, Nii O. Attoh, 2007). Dette er en rapport som er skrevet på University of Delaware, Newark, DE, USA i 2007.

Dette forsøket benytter California bearing ratio (CBR) for å teste stempelinntrengning i et gitt prøvestykke, med og uten armeringsnett. Det ble benyttet fire forskjellige materialer der den ene hadde betydelig mer finstoff enn de tre andre (Kent (IV)). Alle forsøkene ble foretatt på tørre og våte (etter 96 timer nedsunket i vann) prøveeksemplarer. Stempelinntrengningen ble foretatt med en inntrengningsrate på 1,3mm/min. Last mot inntrengning ble avlest til en total inntrengning på 12,5mm etter prosedyrene for CBR-forsøk.

Tabell 2

Laboratorieforsøk Størst prosentvis økning i CBR-verdi er for det svakeste materialet, Kent (IV). (WILLIAMS, Eric Duncan and Okine, Nii O. Attoh, 2007)

CBR test results for unsoaked, soaked with and without geosynthetics		
<i>New Castle (III) Sample-CBR</i>		
Unsoaked (without geosynthetics)	Unsoaked (with geosynthetics)	% Increase in CBR
7.90%	8.98%	13.67
Soaked (without geosynthetics)	Soaked (with geosynthetics)	
6.40%	7.54%	17.80
<i>Kent (IV) Sample-CBR</i>		
Unsoaked (without geosynthetics)	Unsoaked (with geosynthetics)	% Increase in CBR
6.90%	7.97%	15.50
Soaked (without geosynthetics)	Soaked (with geosynthetics)	
4.60%	5.51%	19.80
<i>Sussex (VI) Sample-CBR</i>		
Unsoaked (without geosynthetics)	Unsoaked (with geosynthetics)	% Increase in CBR
7.90%	8.84%	11.89
Soaked (without geosynthetics)	Soaked (with geosynthetics)	
6.80%	7.83%	15.15
<i>Sussex (X) Sample-CBR</i>		
Unsoaked (without geosynthetics)	Unsoaked (with geosynthetics)	% Increase in CBR
14.10%	15.08%	6.90
Soaked (without geosynthetics)	Soaked (with geosynthetics)	
11.0%	11.90%	8.20

Som man kan se fra resultatene i Tabell 2 er den største prosentvise økningen i CBR-verdi for det svakeste materialet, Kent (IV). Den minste prosentvise økningen er for det sterkeste materialet, Sussex (X). Dette bekrefter den generelle oppfatningen om at styrkemobiliseringen i armeringsnettet er avhengig av materialets CBR-verdi. (WILLIAMS, Eric Duncan and Okine, Nii O. Attoh, 2007).

Rapporten konkluderer med at alle de fire undersøkte materialene fikk en økt CBR-verdi når de ble forsterket med geonett. Videre konkluderer rapporten med at det er en sammenheng mellom undergrunnens styrke og den effekten som blir registrert. «*The strength mobilization due to the inclusion of geosynthetics was very much unique in the soil samples with very low CBR*» (WILLIAMS, Eric Duncan and Okine, Nii O. Attoh, 2007) .

Rapporten konkluderer dermed med et positivt resultat. I tillegg til å bekrefte den allerede kjente oppfatningen, om forholdet mellom CBR-verdi i materialet og styrkemobiliseringen i armeringsnettet.

## Laboratorieforsøk 2

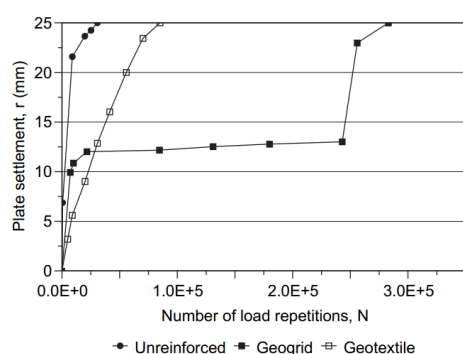
Rapporten heter «Large scale test on geosynthetic reinforced unpaved roads subjected to surface maintenance» (PALMEIRA, Ennio M. and Antunes, Luiz G. S., 2010). Dette er en rapport som er skrevet på University of Brasilia, DF, Brasil i 2010.

Denne rapporten tar for seg armeringsnett på veger med grusdekker. Dette er et viktig område for Brasil da nesten 90% av vegnettet består av grusveger (PALMEIRA, Ennio M. and Antunes, Luiz G. S., 2010). Rapporten har betydning for norske forhold fordi den tar for seg hvordan vedlikeholdet av vegen påvirker styrken til armeringsnettet over tid.

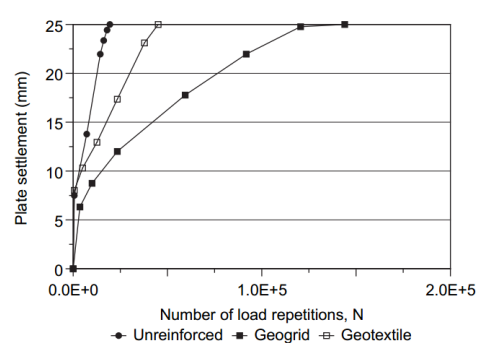
Forsøket ble foretatt i en boks med dimensjonene 1,2 x 1,6 x 1,6m. Lasten ble utført av et hydraulisk opplegg, og lasten ble påført syklisk med en frekvens på 1Hz. Lasten som ble påført var på 566 kPa. Det ble også foretatt forsøk med statiske laster og oppgraving/etterundersøkelser av forsøksmaterialene.

Kriteriet for et feilet bærelag var satt ved 25mm deformasjon av overflaten. Når man hadde nådd denne deformasjonen ble forsøket stanset, for så å reparere skadene på en «normal» måte. Etter dette ble forsøket startet på nytt med et startpunkt på 0mm deformasjon. Dette ble foretatt tre ganger. Prøven var instrumentert med flere spanning- og tøyningmålere.

Under de gjeldende forholdene hadde undergrunnen som ble benyttet en CBR-verdi på 8. Bærelaget var 200mm tykt, og bestod av grus med CBR-verdi på 90.



Bilde 8 Deformasjon mot antall repetisjoner. 1. lastsyklus (PALMEIRA, Ennio M. and Antunes, Luiz G. S., 2010)

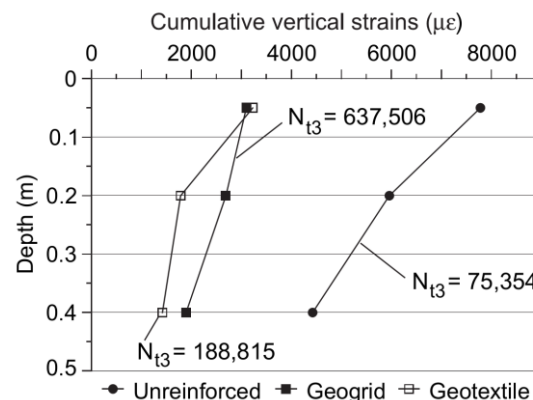


Bilde 9 Deformasjon mot antall repetisjoner. 3. lastsyklus (PALMEIRA, Ennio M. and Antunes, Luiz G. S., 2010)

Et interessant punkt i Bilde 8 er det markerte knekkpunktet på grafen for geonett (Geogrid). «*Post-test investigations showed that this behaviour was due to the breakage of gravel particles in that test, which was more severe than in the other tests conducted because of the larger number of load repetitions*» (PALMEIRA, Ennio M. and Antunes,

Luiz G. S., 2010). Dette viser at armeringsnettet klarer å holde på det granulære laget til materialene knuses, istedenfor å forflyttes horisontalt i overbygningen. Man bør også legge merke til den enormt store forskjellen i antall repetisjoner som overbygningen ble utsatt for, før kriteriet på 25mm deformasjon ble nådd. 30720 repetisjoner for uforsterket, og 282600 repetisjoner for forsterket overbygning (PALMEIRA, Ennio M. and Antunes, Luiz G. S., 2010).

Bilde 9 viser hvordan tilstanden er etter den tredje vedlikeholdsrunder. Overbygningen med geonett er fortsatt betydelig bedre enn uten, selv om antallet repetisjoner som den forsterkede overbygning tåler er kraftig redusert.



Bilde 10 Kumulativ vertikal tøyning på slutten av 3. lastsyklus  
(PALMEIRA, Ennio M. and Antunes, Luiz G. S., 2010)

Ett annet element som forsøket fokuserer på, er spenninger og tøyninger på forskjellige dybder i undergrunnen.

Med tanke på tøyningene i undergrunnen, viser Bilde 10 at det er store forskjeller på den armerte og den uarmerte konstruksjonen. Nedover i undergrunnen er forskjellene mindre, men fortsatt betydelige. Første og andre runde med vedlikehold gir grafer med omtrent samme utseende, men de kumulative tøyningene er naturlig nok større. Det er viktig å merke seg den store forskjellen i antall repetisjoner. Dette betyr at selv om geotekstiler er noe bedre enn geonett i absolutte verdier, har geonett et bedre resultat fordi belastningene på geonettet har vært 3,3 ganger så stor (antall repetisjoner).

Rapporten konkluderer med at; «*The use of reinforcement increased markedly the number of load cycles required for the established rut depth to be achieved. (...). Severe breakage of the fill gravel particles during the first loading stage of the geogrid reinforced test abbreviated the end of this loading stage. Had the particles resisted further the TBR value for this type of reinforcement would have been significantly greater. (...). The presence of the reinforcement layer reduced significantly the vertical stress increments transferred to the subgrade and vertical strains in the subgrade*» (PALMEIRA, Ennio M. and Antunes, Luiz G. S., 2010).

Rapporten konkluderer dermed med et meget positivt resultat for armeringsnett.

### 5.2.2. Matematiske analyser

For matematiske analyser av geonett i vegoverbygninger, gjelder de samme mulighetene og begrensningene som for andre matematiske analyser. Det er alltid et problem å finne ut hvordan modellen best mulig skal representere den virkelige verden matematisk. Det er også vanskelig å modellere forskjellige samvirkeegenskaper nøyaktig.

Det er hovedsakelig to forskjellige grunner for å benytte matematiske modeller. Den første er for å forsøke å beskrive hvilke mekanismer som virker, og i hvilken grad de virker. (KWON, J. et al., 2007) og (SAAD, Bassam et al., 2006) er eksempler på dette. Den andre grunnen er for å lage en fullstendig beregningsmetode, som kan beskrive hvordan armering vil fungere i et gitt prosjekt. (PERKINS, S.W. et al., 2007) er et eksempel på dette.

For at man skal kunne lage en fullstendig beregningsmetode, må man først forstå hvilke egenskaper som virker. Det må også etableres metoder for hvordan dette skal gjøres matematisk og praktisk i modellen. Alle disse parameterne må også testes i praksis, både individuelt og som en samvirkende enhet (PERKINS, S.W. et al., 2007). Det er relativt stor forskjell på hvor avanserte disse modellene er, men det er naturlig når man tenker på den teknologiske utviklingen. Dette fører imidlertid til at tidlige modeller ikke nødvendigvis gir et godt bilde på hvilke mekanismer som er gjeldende (PERKINS, S.W. et al., 2007). Moderne modeller inneholder egentlig flere modeller som er satt sammen. Dette er modeller som forklarer hvert sitt område. I (PERKINS, S.W. et al., 2007) består modellen i hovedsak av;

- Responsmodeller
  - Materialmodeller (asfalt, granulære materialer og undergrunn)
  - Skadmodeller (tretthetsbrudd og permanente deformasjoner)
  - Strukturell modell (geonettet)
  - Materialmodeller (beskriver skjærinteraksjonen mellom armeringen og de granulære materialene)
  - Responsmodell (for sideveis innspenning av de granulære materialene, under konstruksjon og trafikklast)
  - Modifisert skadmodell (permanente deformasjoner i de granulære materialene innenfor armeringens influensområde)
- (PERKINS, S.W. et al., 2007)

De tre øverste punktene er en modell som beskriver en normal overbygning uten armering (NCHRP, 2004). Modellen som er beskrevet i (PERKINS, Steven W. et al., NA) følger omtrent den samme metodikken.

Dette viser at det er veldig mange variabler som alle må modelleres riktig, for at man skal kunne ha et troverdig resultat. For å få troverdige resultater må modellen

kontrolleres mot fysiske teststrekninger. (PERKINS, S.W. et al., 2007) har testet sin modell mot teststrekninger, og konkluderer med at deres modell er bedre enn tidligere modeller. De rapporterer om at modeller oftest underestimerer fordelene med armering, men at underestimeringen i deres modell er betydelig mindre enn tidligere modeller. Rapporten sier videre at en betydelig del av underestimeringen er på grunn av en utilstrekkelig estimering av de låste horisontale spenningene (PERKINS, S.W. et al., 2007). Rapporten mener at deres modell klarer å beskrive mekanismene og fordelene som teststrekningene deres viser. De mener også at deres modell er en rasjonell måte å beskrive fordelene med armering fra et designperspektiv (PERKINS, S.W. et al., 2007). Rapporten kommer ikke med noen konkrete verdier for lagtykkelser eller liknende.

Andre rapporter som kommer med mer konkrete verdier, er for eksempel (SAAD, Bassam et al., 2006). Denne rapporten konkluderer med at den største reduksjonen i utmatting (tøyning), får man ved å plassere armeringen rett under asfaltlaget. Videre konkluderer rapporten med at potensialet for reduksjon av spordannelse og deformasjoner i overflaten, er større for tynne overbygninger (testet overbygning er 152,4mm). Den beste plasseringen av armeringen i forhold til de nevnte kriteriene, er 1/3 fra bunnen av bærelaget. Dette er uavhengig av hvilke grunnforhold det blir beregnet for (SAAD, Bassam et al., 2006).

Matematiske analyser kan med andre ord brukes på flere forskjellige områder. Det er imidlertid viktig at modellene er verifisert med virkelige feltforsøk for at de skal være troverdige. Selv om disse modellene er sofistikerte, og relativt gode til praktisk bruk, er de *«grossly inadequate in completely describing the complex problem of a reinforced pavement subject to many cycles of traffic load»* (PERKINS, Steven W. et al., NA).

### 5.2.3. Fullskalaforsøk

Det er foretatt en stor mengde med feltforsøk i forhold til geosynteter. Resultatene er varierende. I enkelte forsøk er geonett bedre enn geoduk, og i andre forsøk er resultatet motsatt. Det som synes sikkert, er at der det er benyttet en sammensatt geoduk/geonett (kompositt) er dette best (PERKINS, Steven W. et al., NA).

Denne variasjonen i resultatene indikerer at ytelsen til et gitt geosyntet vil variere med undergrunnsmaterialene og andre undergrunnsforhold. Dette betyr at et gitt geosyntet kan fungere godt i en sammenheng, og dårlig i en annen (PERKINS, Steven W. et al., NA).

Et problem med mange av fullskalaforsøkene er at de har fokusert på kortsiktige resultater (og dermed kortsiktige effekter). Dette fører til at mange av disse forsøkene er mer relevante for veger under anleggsperioden enn under vanlig trafikklast (PERKINS, Steven W. et al., NA) (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000). Det er mange pågående fullskalaforsøk som skal forsøke å si mer om langtidsytelsene til forskjellige geosynteter, se også kapittel 5.3. Mange av disse forsøkene ser hovedsakelig på

strekninger der geosyntetene blir benyttet som et separatorlag over bløt undergrunn (PERKINS, Steven W. et al., NA).

Det er store variasjoner i hvor stor effekt de forskjellige studiene rapporterer. Når det gjelder antall repetisjoner som behøves for å nå en gitt deformasjon, blir det rapportert om en faktor mellom forsterket og uforsterket overbygning fra like over 1, til over 100. Flere rapporter har også rapportert om at man kan redusere bærelaget med opp mot 50%. (PERKINS, Steven W. et al., NA).

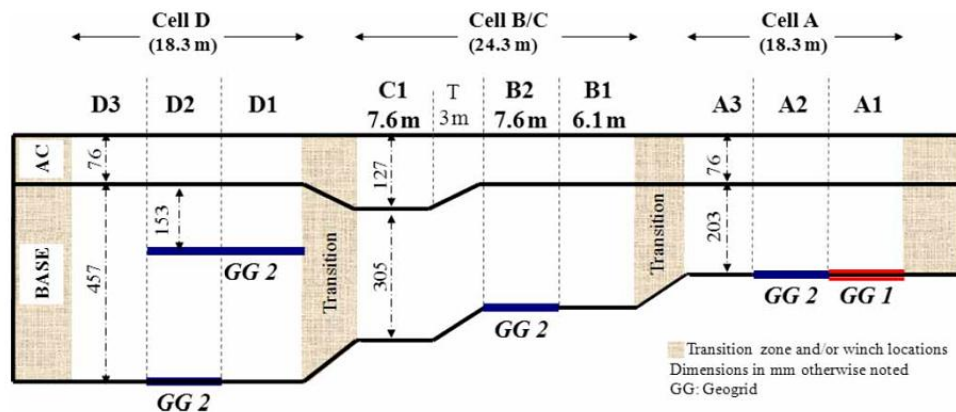
Selv om mange fullskalaprosjekter viser at armering av overbygningen har god effekt i forhold til ytelseskrav, har det vært vanskelig å vise dette med fallodd (KORKIALA-TANTTU, L. et al., 2003). Ofte viser målinger med fallodd bare et marginalt bedre resultat for overbygninger med armering, selv om forskjellen i levetid er betydelig (PERKINS, Steven W. et al., NA).

Et fullskalaforsøk (HUFENUS, Rudolf et al., 2005) rapporter også om et annet potensielt problem ved en vanlig konstruksjonsmåte. For å forsterke en svak undergrunn kan det plasseres et geonett mellom duken og de granulære materialene (AL-QADI, Imad L. et al., 2010). For å forhindre at dårlige undergrunnsmaterialer blander seg med materialene i overbygningen, er det vanlig å benytte en duk mellom undergrunnen og overbygningen. Problemet som blir rapportert, er at denne løsningen vil redusere friksjonen mellom geonettet og de granulære materialene betydelig på grunn av at en optimal låsing i geonettet ikke er mulig (HUFENUS, Rudolf et al., 2005). Dette fører igjen til at geonettet kan skli på duken, og dermed redusere effekten av geonettet betydelig. Det er uten tvil viktig å benytte duken, og den anbefalte løsningen er å legge geonettet 5 cm over duken inne i de granulære materialene og komprimere materialene samlet (HUFENUS, Rudolf et al., 2005). Dette forbedrer både skjæregenskapene og bæreevnen til overbygningen (HUFENUS, Rudolf et al., 2005).

Flere fullskalaforsøk viser at geonett har en effekt ned til 0,3 til 0,6 meter under overflaten (AL-QADI, Imad L. et al., 2010) (HUFENUS, Rudolf et al., 2005). Mer enn 0,6 meter under overflaten er nytten av geonettet ubetydelig (HUFENUS, Rudolf et al., 2005).

### **Fullskala 1**

Et eksempel på et relativt nytt fullskalaforsøk er «*Geogrid mechanism in low-volume flexible pavements: accelerated testing of full-scale heavily instrumented pavement sections*» (AL-QADI, Imad L. et al., 2010). Det er laget et forsøksfelt som er 88 meter langt, og 3,2 meter bredt. Forsøksfeltet består av forskjellige overbygninger med overgangssoner mellom de forskjellige tykkelsene, se Bilde 11. Overbygningene er tilpasset veger med liten ÅDT, og er instrumentert med en mengde forskjellige sensorer. Det ble benyttet en *Accelerated Testing Loading Assembly (ATLAS)* for å få akselererte resultater, se Bilde 13. Testingen ble hovedsakelig delt opp i to forskjellige programmer.



Bilde 11 Oversikt over forsøksfeltet, inkludert overbygningsutforming. (AL-QADI, Imad L. et al., 2010)

Ett program som testet responsen til overbygningen der forskjellige hjulkonfigurasjoner, belastninger, lufttrykk og hastigheter ble benyttet. Det andre programmet testet hvor mange repetisjoner som kunne kjøres, før kriteriet for spordannelse var nådd (25mm og 50mm).



Bilde 12 ATLAS med et tvillinghjul (v) og med et bredanedekk (h). (AL-QADI, Imad L. et al., 2010)

Det er flere resultater fra forsøkene. Generelt viste kontrollstrekningene betydelig mer skjærdeformasjoner i bærelaget, enn strekninger med geonett. De forsterkede overbygningene viste en reduksjon i respons på 23-31 %. Forsøket viste også, som flere andre rapporter, at effektene av geonett blir mindre ved tykkere overbygninger. Selv om rapporten viser at strekninger med geonett er bedre enn kontrollstrekningene, viser rapporten at å øke tykkelsen på asfaltlaget er enda bedre.

For relativt tykke bærelag konkluderes det med at hvis man plasserer geonettet i den øvre tredelen av laget, får man reduserte skjærtøyninger både på tvers og på langs. For relativt tynne bærelag konkluderes det med at plasseringen av geonettet bør være rett over undergrunnen.

Sluttkonklusjonen til rapporten er; «*In conclusion, geogrid shows great potential to reduce shear flow and lateral deformations in the granular base layer which results in increasing the strain at the bottom of HMA and minimising rutting and/or cracking in a thin pavement structure*» (AL-QADI, Imad L. et al., 2010).

(HMA = Hot Mix Asphalt = asfaltlaget)

### **Fullskala 2**

Det er også enkelte fullskalaforsøk som ser på områder litt til siden av det vanlige. For eksempel så (MEKKAWY, Mohamed M. et al., 2009) på hvordan man kan forbedre egenskapene til skuldrene på vegen. Rapporten ser på flere vidt forskjellige løsninger, blant annet geonett.

Bakgrunnen for rapporten er at det er store problemer med spordannelse og setninger på skuldrene av de undersøkte vegstrekningene (Iowa, USA). Disse skuldrene er en god del bredere enn de som er på vanlige norske veger. I rapporten er det skuldre opp mot 2,4 meter i bredde. For norske forhold vil dette forsøket dermed samsvare best med anleggsveger og grusveger.

Det er flere mekanismer som er identifisert som hovedgrunner for de nevnte problemene. Etterkomprimering av steinmaterialene på grunn av trafikk, bærekapasitets problemer og horisontal forskyvning av steinmaterialene på grunn av små plastiske tøyninger ved hver lastsyklus (GIROUD, J. P. and Han, J., 2004).

Etter feltforsøk med flygeaske, geonett, polymeremulsjon, FA, soyabønneolje og portlandsement konkluderer rapporten med at man bør benytte flygeaske eller geonett når man skal reparere en skulder med en CBR-verdi under 10.



#### 5.2.4. Samlede resultater fra flere rapporter

I rapporten som heter «Geosynthetic reinforcement of the aggregate base/subbase courses of pavement structures» (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000) er det samlet en mengde forskjellige resultater fra mange forskjellige rapporter. Rapporten er skrevet av *Geosynthetic Materials Association* i 2000 for *AASHTO Committee 4E* (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000).

Rapporten består av flere forskjellige deler. Det er blant annet et litteraturstudium som samler resultater fra 19 forskjellige studier, som igjen består av flere rapporter og kilder. Basert på litteraturstudiet forsøker rapporten å komme frem til aggregerte resultater. Det vil si at de har samlet resultatene basert på potensielle fordeler og bruksområder for forskjellige geosynteter. Rapporten ser også på forskjellige beregningsmetoder, og kommer med én anbefalt metode basert på dette.

Denne oppgaven vil ha fokus på litteraturstudiet som er utført i (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000).

Rapporten bruker TBR-verdier (se kapittel 5) som primærmetoden for å referere til hvilken nytte de forskjellige rapportene beskriver. For teststrekninger med geonett varierer TBR-verdiene fra 0,8 til 670. Dette vil si at de varierer fra dårligere enn kontrollstrekningene, til betydelig bedre. Hovedvekten av rapportene refererer til TBR-verdier mellom 1,5 og 70. Rapportene har vist at det er mulig å redusere lagtykkelsene i bærelaget fra 30% til over 50%. (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000).

Rapporten har også sett på det store antallet variabler som påvirker resultatene. Disse er satt opp i en tabell som beskriver området kriteriene varierer over, og hva trendene i de undersøkte rapportene beskriver som den beste løsningen. Se oversikten i Tabell 3.

Videre er det sett på hvilke trender de forskjellige rapportene viser i forhold til de potensielle fordelene med geonett. Dette er gjengitt i Tabell 4. Rapporten viser at trendene peker mot et stort potensiale for besparelser.

Hovedkonklusjonene til rapporten er meget klare: «*It is well documented that certain reinforcements provide substantial load-carrying benefits, within limits*». I tillegg til at «*geosynthetic reinforcement in pavement design and construction should be widespread*» (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000).

Forsterkning av undergrunnen med geosynteter er ofte mer lønnsomt enn andre konstruksjonsmetoder i et investeringskostnadsperspektiv, så lenge man opererer innenfor grensene der det er aktuelt. Forsterkning av bærelaget må vurderes i et livsløpsperspektiv for hvert enkelt prosjekt på grunn av at dette ikke er en lønnsom løsning for alle tilfeller. (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000).

## ERFARINGER OG SYNSPUNKTER

Tabell 3 Oversikt over mange av variablene som påvirker resultatet til en løsning med geonett, i tillegg til hva trendene peker på som de best løsningene (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000).

Pavement Component	Variable	Range from Test Studies/ Remarks	Condition where Reinforcement Appears to Provide Most Benefit
Geosynthetic	Structure	Rigid (extruded) and flexible (knitted and woven) geogrids, woven and nonwoven geotextiles, geogrid-geotextile composites	See Table 4-1 and Table 4-2
	Modulus (@ 2% and/or 5% strain)	100 kN/m to 750 kN/m	Higher modulus improves potential for performance
	Location	Geogrid	Moderate load ( $\leq 80$ kN axle load): Bottom of thin bases ( $\leq 250$ mm), middle for thick ( $>300$ mm) bases Heavy load ( $> 80$ kN axle load): Bottom for thin bases ( $\leq 300$ mm), middle for thick bases ( $>350$ mm)
		Geotextile	Bottom of base, on the subgrade
		Geogrid-geotextile composite	Bottom of open-graded base OGB
	Surface	Slick versus rough (firmer versus soft)	Rough
	Geogrid Aperture	15 mm to 64 mm	$> D_{50}$ of adjacent base/subbase <sup>1</sup>
	Aperture Stiffness	Rigid to flexible	Rigid
Subgrade Condition	Soil Type	SP, SM, CL, CH, ML, MH, Pt	No relation noted
	Strength	CBR from 0.5 to 27: Note: Low - CBR $< 3$ , Firm to V. Stiff - $3 \leq \text{CBR} \leq 8$ , and Firmer - CBR $> 8$	CBR $< 8$ ( $M_R < 80$ MPa)
Subbase	Thickness	0 to 300 mm	No subbase
	Particle Angularity	Rounded to angular	Angular
Base	Thickness	40 mm to 640 mm	$\leq 250$ mm for moderate loads
	Gradation	Well graded to poorly graded	Well graded
	Angularity	Angular to subrounded	Angular
Pavement	Type	Asphalt, concrete, unpaved	Asphalt and unpaved
	Thickness	25 mm to 180 mm	75 mm
Pavement Component	Variable	Range from Test Studies/ Remarks	Condition where Reinforcement Appears to Provide Most Benefit
Design	Pavement loading	200 kPa to 1800 kPa	Does not perform on significantly under-designed pavements
Construction	Pre-rutting potential	None in lab to pre-rutted in field	Unknown
NOTE: 1. Based upon judgement of authors, not upon summarized research.			

Tabell 4 Trender for hvor store fordeler rapportene viser at det er med armering (GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION, 2000).

<b>Benefit</b>	<b>General Anticipated Magnitude</b>	<b>Applicability</b>
Reducing Under Cut (i.e., the depth of excavation required for the removal of unsuitable subgrade materials)	Reduced up to 50%	CBR <3 ( $M_R < 30$ MPa)
Reducing the thickness of aggregate required to stabilize the subgrade	Reduced up to 50%	CBR <3 ( $M_R < 30$ MPa)
Reducing disturbance of the subgrade during construction	Allows construction of relatively thin base (subbase)	CBR <3 ( $M_R < 30$ MPa)
Reinforcement of the subbase aggregate in a roadway to reduce the section	Reduced up to 250 mm with 75 mm typical	Depends on depth of base and initial depth of base/subbase
Reinforcement of the base aggregate in a roadway to reduce the section	Reduced up to 150 mm with 75 mm typical (20 to 50%)	Strong potential benefit
Reinforcement of the subbase aggregate in a roadway to increase its design life	TBR = 1 to 3.8	Depends on depth of base and initial depth of base and subbase
Reinforcement of the base aggregate in a roadway to increase its design life	TBR = 1 to 10	Strong potential benefit
Improved reliability	Improves performance during overload and/or seasonally weak subgrade conditions	Always a benefit

Under cut = her: masseutskifting

Section = her: lagtykkelse

### 5.3. Erfaringer fra andre land enn Norge

Det har ikke vært enkelt å finne erfaringer på geonett i andre land. Det er mange såkalte referanseprosjekter, men rapportene/omtalene av disse prosjektene kan mer eller mindre anses som reklame for et gitt produkt. De er i hvert fall ikke «dokumenterte erfaringer» basert på en vitenskapelig fremgangsmåte. Resultatene fra disse prosjektene er åpenbare; de er suksessfulle i favør av geonett. Omtale av disse prosjektene kan finnes på produsentenes og leverandørenes internettsider. Denne oppgaven vil ikke omtale disse prosjektene nærmere.

Det skal også nevnes at det aller meste som er omtalt i kapittel 5.2 er erfaringer fra andre land.

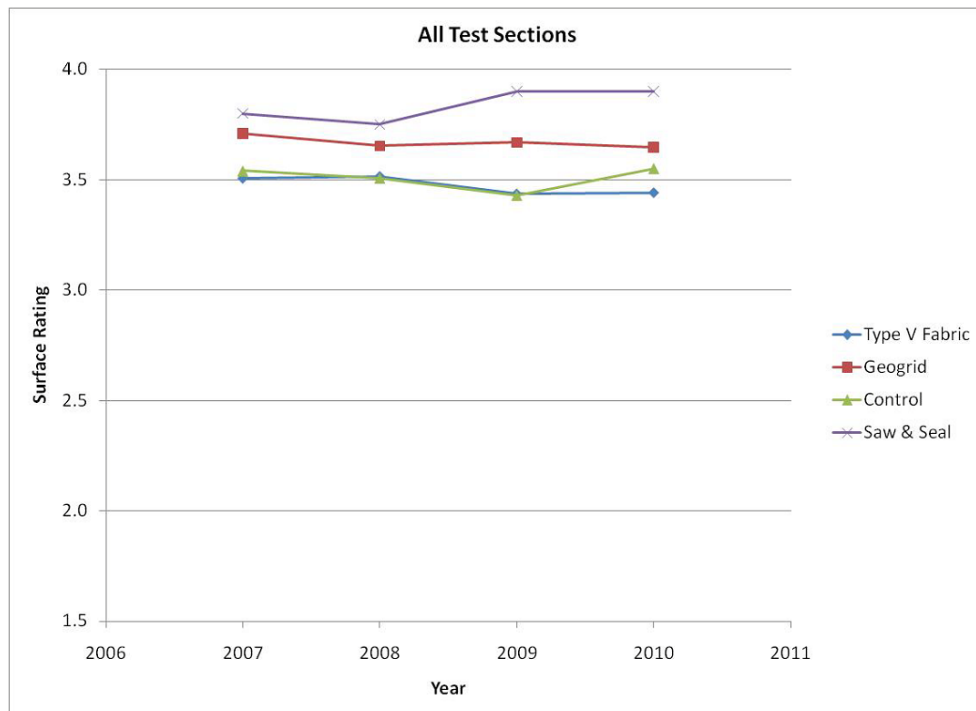
Det er spesielt en rapport som skiller seg ut fra mengden av rapporter når det kommer til å beskrive utviklingen i andre land. Dette er rapporten; «*Monitoring Geosynthetics in Local Roadways (LRRB 768) 10-Year Performance Summary*» (CLYDE, Timothy, 2011) fra Minnesota Department of Transportation. Rapporten skiller seg også ut ved å være skrevet i 2011, og dette er dermed «ny» kunnskap.

Rapporten tar for seg 13 forskjellige områder. Disse områdene er delt opp i flere forskjellige strekninger som enten har geonett, fiberduk eller er kontrollstrekninger. Én strekning har også det de kaller for Saw & Seal, dette inngår ikke i denne oppgaven. Det er ingen nøyaktig oversikt over hvilke grunnforhold, trafikkmengder eller lignende for hver enkelt strekning. Alle strekningene er imidlertid bygget på «*heavy clay soils*» (CLYDE, Timothy, 2011), og har liten eller medium trafikkmengde. Geotekstilene er benyttet på to forskjellige måter; enten som et separatorlag for å etablere en stabil konstruksjonsplattform, eller som en integrert del av den normale vegkonstruksjonen, uten at lagtykkelsene er blitt redusert.

Rapporten har sett på målbare verdier som måles på overflaten av asfaltdekket. Dette er indeksene IRI (International Roughness Index), RQI (Ride Quality Index) og SR (Surface Rating) i tillegg til å se på oppsprekking (tvers- og langsgående).

Det klareste bilde av utviklingen som rapporteres, kan sees i Bilde 13. Denne grafen viser hvordan SR (Surface Rating) varierer som et gjennomsnitt for alle strekningene per år. Grafene i Bilde 13 viser klart at veger med geonett får en bedre resultater enn veger uten. Man kan også merke seg at veger med fiberduk ikke kommer bedre ut enn kontrollstrekningene.

SR (Surface Rating) viser et vektet gjennomsnitt for flere forskjellige dekkeskader, og kan dermed ses på som et helhetsinntrykk av vegdekket. Et perfekt resultat gir verdien 4.0. (CLYDE, Timothy, 2011).



Bilde 13 SR (Surface Rating) som gjennomsnitt for alle strekningene per år. «Type V Fabric» er det samme som fiberduk. (Saw & Seal kan det ses bort fra i denne oppgaven, da det er et totalt annerledes tiltak. I tillegg er det kun én strekning som danner datagrunnlaget for Saw & Seal) (CLYDE, Timothy, 2011)

Fra konklusjonen til rapporten kan det trekkes frem et par punkter;

*«All of the geosynthetic treatments did lead to less transverse cracking than the control sections, which may lead to lower maintenance costs over time. However, the type V fabric sections exhibited much more longitudinal cracking than the control sections. The geogrid showed less longitudinal cracking than the control sections, but the rate of cracking has been increasing rapidly in recent years.*

*The use of geogrids did provide added strength, increased smoothness, and less cracking compared to pavements without geogrids. This type of treatment clearly did show a benefit to pavement performance»* (CLYDE, Timothy, 2011)

Rapporten kommer også med klare anbefalinger for bruk av fiberduk og geonett. Fiberduk er ikke anbefalt der man forventer lite vedlikehold, lang levetid eller økt ytelse fra overbygningen. Geonett er anbefalt der man forventer lite vedlikehold, lang levetid eller økt ytelse fra overbygningen. Fiberduk kan imidlertid ha andre bruksområder, for eksempel å skape en stabil arbeidsplattform, eller for å separere forskjellige materialer. (CLYDE, Timothy, 2011).

#### 5.4. Erfaringer fra Ringeby kommune, Oppland

Det er flere fylker og kommuner som har benyttet geonett på deres vegnett. Som nevnt i innledningen til kapittel 5, er det veldig mange fylker og kommuner i Norge, og å gjennomgå erfaringer fra disse kan være et studie i seg selv. I denne oppgaven er det kun sett på erfaringer fra én kommune. Dette fører til at man ikke kan legge avgjørende vekt på dette kapittelet. Erfaringene kan imidlertid belyse hvordan geonett virker på slike vegnett. Det etterfølgende er basert på kontakt med Tom Henning Nyheim, som er avdelingsingeniør hos Teknisk Drift i Ringeby kommune (NYHEIM, Tom Henning, 2012).

Ringeby kommune har benyttet geonett i noen år, og de har dermed bygget seg opp et erfaringsgrunnlag for hvordan geonett fungerer på deres vegnett. Geonett er hovedsakelig benyttet som et forsterkningstiltak på eksisterende veger. Der det blir bygget nye veger, for eksempel i boligfelt, blir vegene dimensjonert og bygget uten geonett.

Geonettet er hovedsakelig benyttet *«på eksisterende kommunale lavtrafikkerte bygdaveger, men den trafikken som går der har høy aksellast»* (NYHEIM, Tom Henning, 2012). Geonettet blir ofte lagt der asfalten er sprukket opp, eller der det er dårlig grunn. Den eksisterende overbygningen blir gravd vekk *«i tilsvarende dybde som geonett med nytt bærelag og dekke bygger»* (NYHEIM, Tom Henning, 2012). Bærelagets tykkelse reduseres etter en vurdering av de lokale forholdene. Fordelen med dette er at avkjørsler, stikkrenner og lignende fortsatt «passer» til den nye og forsterkede vegen.

Geonettet blir ofte plassert 15-20 cm under topp dekke, og aldri dypere enn 40 cm under topp dekke. Hvis man legger geonettet dypere, mister det effekten sin (NYHEIM, Tom Henning, 2012).

Effektene som er observert er at telehiv blir slakere, at asfalten ikke sprekker opp og at kantinnspenningen er ivaretatt. Selv om aksellasten økes, blir det observert lite hjulspor på grunn av akseltrykket. I tillegg til dette blir løsningen sett på som en billig måte å utbedre slike veger. Leggeprosessen blir heller ikke sett på som et problem. Det er viktig at de riktige teknikkene og maskinene benyttes, slik at geonettet ikke vrir og bukker seg i prosessen.

Når det kommer til eventuelle oppgravinger av overbygningen i ettertid, er det *«selvsagt noe mere arbeid og forsiktighet»* (NYHEIM, Tom Henning, 2012). Problemet er at man kan løfte store deler av vegen hvis man tar tak i geonettet med maskinene. Det kan også være et problem at man må åpne et større hull i vegbanen, fordi at nettet må skjøtes med ca. 0,5 meter overlapp.

Hovedinntrykket er at geonett fungerer til sitt bruk, men at det er viktig at man vurderer hvert prosjekt for seg.

### 5.5. Erfaringer fra TenTex (selger)

Det er flere firmaer som selger geonett og andre geosynteter i Norge. Etter en studie av internettsidene til flere av produsentene, er det klart at alle ligger omtrent på den samme linjen. Alle tilbyr produkter som mer eller mindre er like, og som det påstås skal kunne løse problemstillingene som er omtalt i denne oppgaven. Ett av disse firmaene er TenTex, som er en del av firmaet Feiring bruk (leverandør av pukk og grus). På grunn av at dette kapittelet kun inneholder synspunktene fra ett firma, må det ikke legges avgjørende vekt på det.

Det er alltid mulig å stille spørsmål ved anbefalingene til en konsulent som er i en salgsposisjon. Det må imidlertid legges til grunn et normalt tillitsforhold mellom kjøper og selger. For eksempel § 33 i avtaleloven slår fast denne lojalitetsplikten (JUSINFO.NO, 2012). Dette fører til at man skal kunne regne med troverdige svar fra alle parter, men det er klart at en selger som oftest er positiv til sitt eget produkt.

Det etterfølgende er basert på kontakt med Terje Rykhus i TenTex (RYKHUS, Terje, 2012).

Hovedsynspunktet er, ikke overraskende, at det blir benyttet for lite geonett i Norge. Både for å harmonisere undergrunnen og for å stabilisere bærelaget. I enkelte tilfeller er geonett også bedre enn tradisjonelle metoder. Dette er spesielt for bygging av anleggsveger og for forsterkning av allerede nedbrutte veger.

TenTex mener at retningslinjene som ligger i Statens Vegvesens håndbok 018 er tilfredsstillende, men at man sjelden benytter seg av mulighetene som er der. Hovedgrunnen, slik de ser det, er at det er for stort fokus på  $kN$  alene, og at det ikke ses på *samvirkeegenskapene* i stor nok grad. TenTex mener at overbygningstykkelsene kan reduseres på grunn av den lastfordelende evnen til geonettet, men at dette må vurderes for hvert enkelt tilfelle.

Utleggingsprosessen er heller ikke spesielt problematisk. «*Dette er en teknikk som ved alt annet*» (RYKHUS, Terje, 2012). Enkelte problemer kan det være ved legging av geonett over spesielt bløt undergrunn, eller over myr.

Plasseringen av geonettet må vurderes i hvert enkelt tilfelle, men hovedløsningene er enten direkte på undergrunnen eller i bunnen av laget som skal stabiliseres. Ved en eventuell oppgraving i ettertid, er det viktig at det graves vekk så mye at man får ny overlapp.

Alt i alt mener TenTex at det er et stort potensiale for geonett, og at regelverket har mekanismer som gjør det mulig å benytte geonett. Hovedutfordringen er dermed, slik de ser det, kun det å ta geonett i bruk i et større omfang.

## **5.6. Programvare**

Det er i forbindelse med denne oppgaven forsøkt å få tilgang til programvare for beregning av overbygninger med armering. Selv etter gjentatte forsøk, også fra medveileder, har dette ikke vært mulig.

Det er dermed ikke sett noe på slik programvare i denne oppgaven.



## 6. NVDB-ANALYSE AV VEGSTREKNINGER

Dette kapittelet vil ta utgangspunkt i en rapport skrevet av Ivar Faksdal fra 2005. Rapporten heter «*Erfaringer med Tensar geonett ved forsterkning av veger i Sør-Trøndelag*» (FAKSDAL, Ivar, 2005). Denne rapporten tar for seg seks vegstrekninger der deler av disse strekningene har geonett. De aktuelle strekningene er vist i Bilde 14.

Det er i denne oppgaven valgt å ta utgangspunkt i disse vegstrekningene, for en ny vurdering av utviklingen av vegens tilstand. For fem av vegstrekningene er det også foretatt bæreevnemålinger våren 2012.



Bilde 14 Oversiktskart over strekningene som omtales.

Rapporten har fokusert på bæreevnemålinger, sporutvikling (jevnhet på tvers) og skader i dekket. Rapporten konkluderer med et positivt inntrykk av geonett.

Bærelagenes tykkelse er redusert med faktor mellom 1,25 og 2 (FAKSDAL, Ivar, 2005).

## NVDB-ANALYSE AV VEGSTREKNINGER

I Tabell 5 er det et sammendrag av de viktigste dataene for alle de aktuelle strekningene. Radene med «Sporøkning» og «Skader (% av areal)» gjelder rapporten fra 2005 (FAKSDAL, Ivar, 2005) og ikke denne oppgaven.

Tabell 5 Sammendrag av alle vegstrekningene. Radene med «Sporøkning» og «Skader (% av areal)» gjelder rapporten fra 2005. (FAKSDAL, Ivar, 2005)

Vegnr-Hovedparsell Sted Kommune	Fv 293-50 Heimsjø Hemne	Fv 301-01 Våvatnet Snillfjord	Fv 315-01 Hellandsjø Hemne	Fv 410-01 Titran Frøya	Fv 692-01 Korsvegen Melhus	Fv 774-01 Sjetnan Skaun
Lengde (m)	1522	18300	1520	15135	4520	1500
Byggeår (ferdig)	1996	1999	1996	1997	2004	1998
ÅDT (kjt/døgn)	50	500	50	300	110	160
Type geonett (Tensar)	SS 20	SS 3	SS 20	SS 3	SSLA 20	SS 12
Totalt areal (m <sup>2</sup> )	6100	100000	6800	91000	25000	7500
Areal geonett (m <sup>2</sup> )	4400	9900	4400	15800	12500	4560
Forsterkning/bærelag (cm)	10	20	10	10/25	15/20	10
Dekketykkelse/type	6 cm Ag	5 cm Asg	6 cm Ag	5 cm Agb	4 cm Sg	5 cm grus
Sporøkning (mm pr år)	0,7	0,2	0,5	0,4	Ikke reg.	Ikke reg.
Skader (% av areal)	11	0,7	14	7	Ikke reg.	Ikke reg.
Totalkostnad (mill kr)	0,560	24,500	0,778	13,500	3,900	0,350
Kostnad pr lm (kr)	368	1350	512	892	860	233
Kostnad geonett (mill kr)	0,110	0,247	0,110	0,395	0,300	0,090
Andel av totalkostnad (%)	20	1	14	3	8	26
Overbygningskostnad Med geonett (kr/lm)	360	550	410	605	515	205
Uten geonett (kr/lm)	360	870	435	720	720	215
Differanse (%)	0	60	6	41	40	5
Kostnad geonett/ overbygningskostnad (%)	28	26	26	25	27	49

Arbeidene med dette kapittelet er lagt opp som en videre studie av de samme vegstrekningene, og med de samme arbeidsmetodene. I denne oppgaven er jevnhet på langs (IRI – International Roughness Index) tatt med i tillegg til de overnevnte faktorene. Dette for å få et mer komplett bilde av jevnheten på vegene. Det er også laget flere grafer som viser utviklingen for 90/10 prosentilene og gjennomsnittsverdiene.

Alle tabeller og grafer er basert på tallmateriale som er stilt til disposisjon fra Statens Vegvesen (NVDB - National vegdatabank). Disse dataene er videre bearbeidet av Ivar Faksdal (det meste før 2004) (FAKSDAL, Ivar, 2005), og av forfatteren av denne oppgaven (alt fra og med 2005, i tillegg til alt om IRI og grafene som viser utviklingen). Skader på asfaltdekket er registrert ved hjelp av bildene som Statens Vegvesen tar av

vegnettet hvert år. Skadene er inndelt etter metodikken gitt i *Skadekatalogen for bituminøse vegdekker*, Hb193 (VEGDIREKTORATET, 1996). Dette fører til at det må utøves et skjønn når man tolker skadene som vises på bildene. Det må dermed regnes med at det er et avvik i hvordan skadene har blitt vurdert i 2005 (bilder fra 2003) (FAKSDAL, Ivar, 2005) og i denne oppgaven (bilder fra 2011).

Skadekatalogen legger opp til en vurdering av eventuelle skader etter en gradering av alvorlighet og utbredelse. Alvorlighetsgraden vurderes som liten (L), middels (M) eller høy (H), der kriteriene varierer etter skadetype. Utbredelse vurderes som 1, 2 eller 3, der 1 er mindre en  $1/3$ , 2 er mellom  $1/3$  og  $2/3$ , mens 3 er mer enn  $2/3$  av vegens bredde (VEGDIREKTORATET, 1996). Med bakgrunn i disse karakterene ble det beregnet hvor stor andel av arealet som er skadet. Karakter  $1 < 33\%$  skadet,  $33\% < 2 < 66\%$  skadet og  $3 > 66\%$  skadet. Det må presiseres at dette ikke gir et nøyaktig mål på det totale skadeomfanget, da skadens alvorlighet ikke er med i vurderingen. De registrerte skadene kan ses i Bilag 8 (tabell), og som horisontale linjer i Bilag 1 og Bilag 4 (grafisk). I tillegg til at de er nærmere omtalt for hver strekning.

I forbindelse med denne oppgaven er bæreevnene og G90-verdi målt av Statens Vegvesen ved Ottar Bremseth (BREMSETH, Ottar, 2012). Det er benyttet et fallodd med en platediameter på 300mm (*Fallodd Dynatest 8002-064* (BREMSETH, Ottar, 2012)). Bæreevnen og G90-verdi er målt og beregnet for hver 50 meter (BREMSETH, Ottar, 2012), og behandlet videre av forfatteren av denne oppgaven. Bæreevnen blir regnet ut etter gitte formler, blant annet basert på geofonplassering og trafikkmengde (MORK, Helge, 2011). Bæreevnen er en verdi som hovedsakelig sier noe om den lastbærende evnen til den øvre delen av vegkonstruksjonen. G90-verdien er nedbøyningen som er registrert av geofonen som er plassert 90cm fra den påførte lasten. Denne verdien representerer hovedsakelig den nedre delen av vegkonstruksjonen og undergrunnen.

Alle bilder og grafer er basert på en undersøkelse av felt 1 (dvs. høyre felt i hovedparsellretningen). Dette er hovedsakelig på grunn av at en del av de tidlige registreringene kun er utført for felt 1. Skaderegistreringen er basert på bilder fra felt 1, men skadene som er registrert kan være i felt 1 og/eller i felt 2. Skader som kun er utenfor kantlinjene er ikke registrert som skade i denne oppgaven, på grunn av at slike skader er veldig vanlige på norske veger. Store deler av skadene med utbredelsesgrad 1 er relatert til skader på/ved skuldrene. Dette er ikke et ukjent fenomen på norske veger og kan ha flere årsaker (VEGDIREKTORATET, 1996), men dårlig sideinnspenning blir ofte trukket frem som en hovedårsak. Det har i flere tilfeller vært vanskelig å skille mellom grader av alvorlighet og utbredelse basert på vegbildene. Skadetypen har i enkelte tilfeller vært vanskelig å definere klart. For mer nøyaktig beskrivelse av sprekketypene og graderingen av disse, vil en feltundersøkelse være nødvendig.

Flatelapping og andre mindre utbedringstiltak fører til enkelte utfordringer med tanke på entydige konklusjoner. Det er ikke innhentet detaljerte opplysninger om hvor dette

er blitt utført, selv om det kommer klart frem på bildene at dette er blitt utført. Forsøksvis har det blitt undersøkt for enkelte av vegstrekningene, men disse dataene har ikke ligget i NVDB. Der det er viktig for konklusjonene, er det tatt hensyn til dette basert på bildene av vegene.

Bortsett fra en liten strekning på 50 meter (Fv410 Titranvegen, Frøya) er ikke disse strekningene bygget som teststrekninger. Disse vegstrekningene er bygget etter de vanlige prinsippene som sier at man skal ha den beste tekniske løsningen, basert på de rådende forholdene. Man kan derfor ikke sammenlikne direkte, uten å ta hensyn til at grunnforholdene, vannivå, vannmengde, grøfter og så videre vil variere langs strekningene. Det kan settes opp en «generell sammenheng» mellom grunnforholdene, overbyggingstykkelse og bruk av geonett.

Gode grunnforhold	: Tynt bærelag
Dårligere grunnforhold	: Tykkere bærelag
Veldig dårlig grunnforhold (tynt lag med myr)	: Tykkere bærelag og masseutskifting
Veldig dårlig grunnforhold (tykt lag med myr)	: Tykkere bærelag og geonett

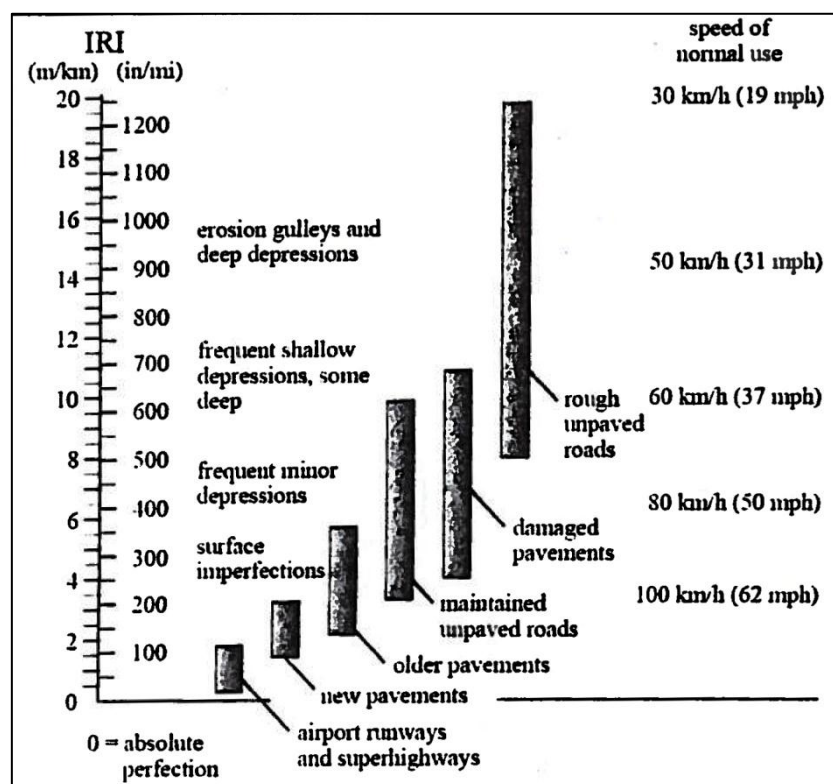
Dette er ikke en sammenheng som er absolutt, for eksempel er det benyttet både masseutskifting og geonett på enkelte strekninger. Det viktigste er at man tar med i vurderingen at initialforholdene der det er benyttet masseutskifting eller geonett, stort sett er betydelig dårligere enn de som det sammenliknes med.

Når man benytter geonett, er en av metodene å redusere overbygningstykkelsen med en reduksjonsfaktor. Denne metoden er benyttet på alle vegene i denne oppgaven. Det er benyttet en reduksjonsfaktor på 1,25 til 2,0 (FAKSDAL, Ivar, 2005). Dette er viktig å ta med i vurderingen av effektiviteten til geonettet. Grunnforholdene på de aktuelle stedene tilsier dermed (etter vurderingene til Ivar Faksdal med samarbeidspartnere) at overbygningen skulle vært dobbelt så tykk uten geonett.

Man skal også være klar over at dataene er innhentet over mange år. Det er dermed benyttet forskjellige typer utstyr og forskjellige metoder. For eksempel er det benyttet rettholt-, spor- og krumholtmetoden for beregning av jevnhet på tvers (hjulspor), og i 1999 ble det bestemt at man skulle endre fra å måle dybden til sporet, til å måle ryggen mellom sporene (VÆRNES, Einar, 2008). Enkelte variasjoner i dataene basert på forskjellige metoder må derfor påregnes. Dette er det ikke tatt spesielt hensyn til i vurderingen, da alle metodene skal gi et tilfredsstillende bilde av utviklingen.

Verdiene av langsgående jevnhet (IRI) er vanskelige å ha et konkret forhold til. IRI-verdien er basert på en matematisk simulering av bevegelsene til et hjuloppheng, i en standard bil. Det kan derfor være greit å se på Bilde 15, for å få konkrete «opplevelser» av IRI-verdiene.

I denne oppgaven er det valgt å vise grafer av utviklingen over tid (år). Disse er fordelt etter oppbygningen av vegkroppen (forsterkningslaget eller bærelaget) og vegstrekning. Utviklingen vises ved hjelp av fire grafer per strekning; gjennomsnitt, 90 prosentil, bæreevne og G90-verdi. 90 prosentilen viser den verdien som 90 prosent av verdiene i utvalget er mindre enn. 90 prosentilen er valgt på grunn av at dette er grenseverdien for jevnhet på tvers og på langs i følge standarden for drift og vedlikehold (Håndbok 111). For grafene som viser utviklingen for bæreevnene vises 10 prosentilene, som tilsvarer det samme. Man tar vekk de 10% verste tilfellene. Dette er det samme som strekningsbæreevnen. Strekningsbæreevnen er definert som «den laveste måleverdien når 10 % av punktene, dvs. de med lavest bæreevne, er tatt ut». (VEGDIREKTORATET, 1997). Dette er med andre ord 10 prosentilen.



Bilde 15 Graf for tolkning av IRI-verdier (VÆRNES, Einar, 2008).

Videre er det viktig at man tar hensyn til vegstrekningens lengde i vurderingene. Hvis sammenlikningsgrunnlaget er veldig ulikt, kan dette spille inn på sammenlikningens gyldighet. Alle de analyserte dataene for jevnhet på tvers (spor) og på langs (IRI) er aggregerte data for hver 20 meter (standard i NVDB). I denne oppgaven er det lagt til grunn at den aggregerte strekning minimum bør være 100 meter (6 datapunkter) for at man skal kunne feste lit til dataene.

I Tabell 6 er kravene til jevnhet på tvers (spor) og på langs (IRI) vist. Dette er slik de er gitt i Standard for drift og vedlikehold (Håndbok 111) for parsellnivå. Siden alle vegene i denne oppgaven er fylkesveger, er ikke disse kravene bindende. De gir imidlertid gode

referanseverdier for hva vi «tillater» av ujevnhet på norske veger. Alle vegene i denne oppgaven ligger i ÅDT-kategoriene «0-300» eller «301-1500».

Tabell 6 Krav til jevnhet på tvers (spor) og på langs (IRI) for parsellnivå. Dette er gitt i Standard for drift og vedlikehold (VEGDIREKTORATET, 2003)

ÅDT	Spordybde (mm)		Jevnhet (IRI)	
	Stamveg	Øvrig riksveg	Stamveg	Øvrig riksveg
0 - 300	25	25	5,0	7,0
301-1500		25		6,0
1500 -5000	25	25	4,5	5,1
> 5000	25	25	4,0	4,6

## 6.1. Fv 293 hp50 Heimsjø, Hemne



Bilde 16 Kart over plassering av Fv 293 hp 50. Heimsjø i Hemne kommune. (NVDB, 2012)

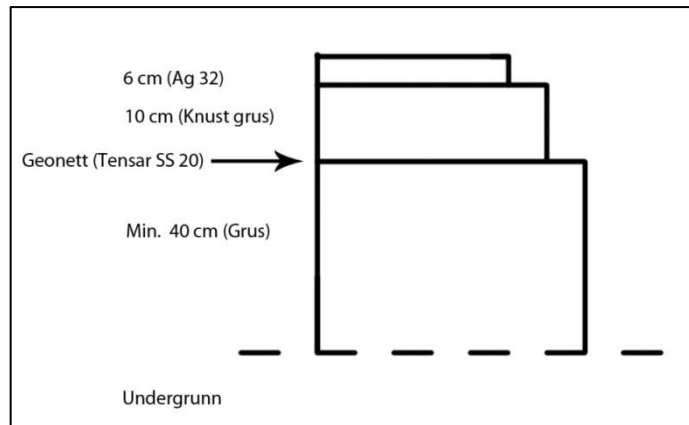
Fv 293 hp50 ligger i Hemne kommune, se Bilde 14 og Bilde 16. Dette er en liten lokal veg med relativt lite trafikk. Vegen er 1522 meter lang og 4 meter bred. Det er lagt geonett på de siste 1100 meterne. Dette fører til at det er en betydelig større del med geonett enn uten.

Tillatt aksellast er 10 tonn hele året. Før vegen ble utbedret i 1996 var tillatt aksellast 8 tonn om sommeren og 10 tonn om vinteren. Strekningsbæreevnen for denne vegen er ikke målt i 2012.

«Arbeid som ble utført med tilhørende mengder:

- Grøfting: 2544 meter (til sammen på begge sider)
- Stikkrenner: 1 ny
- Drenering: 120 meter
- Sprengning: 185 m<sup>3</sup>
- Uttrauing av myr: 230 m (midt i vegen)
- Geonett: 4400 m<sup>2</sup> Tensar SS 20
- Bærelag: 1500 m<sup>3</sup> knust grus (0-32 mm). Tykkelse ca 10 cm
- Slitelag: 6 cm asfaltert grus (Ag32) (156 kg/m<sup>2</sup>)
- Omlegging: 105 meter av vegen (profil 270-375)» (FAKSDAL, Ivar, 2005)

«Det var et problem at myra kom opp midt i vegen (...). På bakgrunn av oppgraving var det tydelig at myra ble presset opp midt i vegen som en pyramide. Dette skyldes at vegen er så smal at trafikken kjører i midten. Det ble bestemt at myra i midten av vegen skulle graves bort i en bredde slik at det var minimum 40 cm grus» (FAKSDAL, Ivar, 2005).



Bilde 17 Overbygningen på strekninger med geonett.

Årsdøgntrafikken (ÅDT) på denne strekningen har økt betydelig siden forsterkningstiltakene ble gjennomført.

ÅDT<sub>1995</sub>: 50 kjt/døgn

ÅDT<sub>2005</sub>: 103 kjt/døgn

ÅDT<sub>2010</sub>: 130 kjt/døgn

Andelen av tunge (lange) kjøretøy er 10%.

(NVDB, 2012)

Dette fører til en årlig trafikkvekst på over 6% for hele perioden, og 4% for perioden fra forrige rapport. Dette er betydelig mer enn 2%, som er den trafikkveksten som det normalt regnes med.

I tillegg til dette ble deler av vegen underdimensjonert, selv med geonett, når den ble forsterket (FAKSDAL, Ivar, 2005). Det må derfor antas at det kan være flere skader på vegdekket enn det som regnes som normalt for en slik veg.

Reduksjonsfaktoren for bærelaget som er benyttet, på grunn av geonettet, er 1,67 (FAKSDAL, Ivar, 2005).

### 6.1.1. Gjennomgang av bilder og dekkeskader

Dekkeskadene er registrert etter bilder fra 2011, dette er også grunnlaget for skaderegistreringen (NVDB). Det er blitt registrert få skader med karakter L og H. Det store flertallet er dermed på karakter M. Det er henholdsvis registrert 2, 9 og 1 sammenhengende skader. Alle skadene er langsgående sprekker. Sprekkene er stort sett lokalisert midt i vegbanen, mens enkelte sprekker er ved skuldrene (her ses det bort fra skader som er helt på kanten av asfaltdekket, dvs på skuldrene). Dette er samsvarende med at hovedproblemet på vegstrekningen var at myr ble presset opp midt i vegbanen.





Bilde 18 Eksempel på sprekk midt i vegen. Strekningen med karakter H, Profil 1333. (NVDB, 2012)

Andel av vegdekket som er skadet, se Bilag 8:

Ikke geonett: 10% av totalt 1200m<sup>2</sup>

Geonett: 14% av totalt 4400m<sup>2</sup>

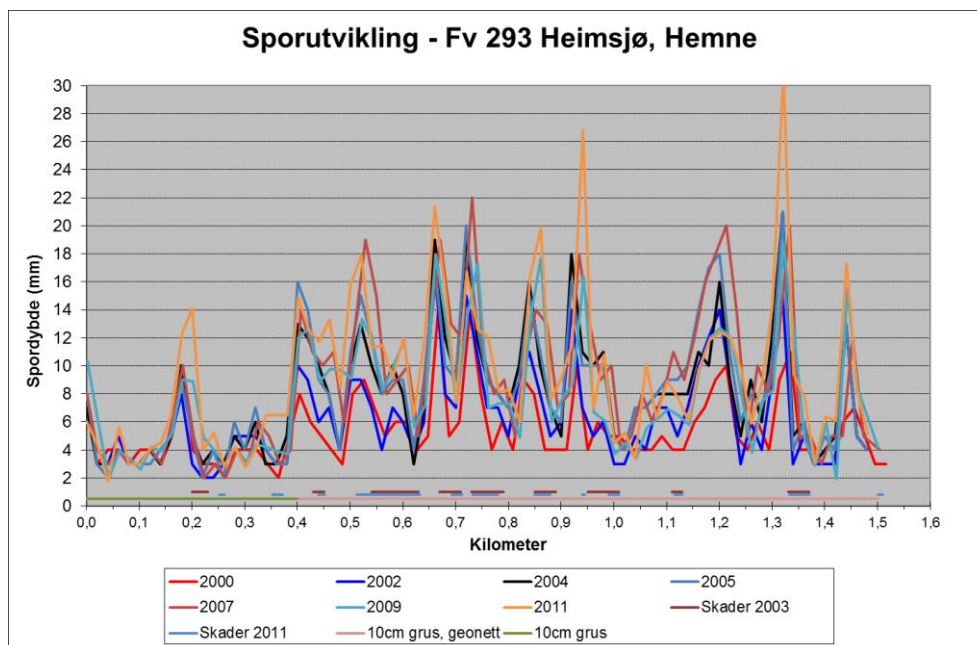
Andelen av vegdekket som er skadet viser at det er en betydelig andel som er skadet. Det er imidlertid ikke veldig stor differanse mellom der det er geonett og der det ikke er geonett (4 prosentpoeng). Nedbøyningsmålingene i G90 fra 1996 (se Bilag 5) viser også at undergrunnen er meget bløt på enkelte partier. Mange målinger er over 200µm, og et enkelt punkt har over 800µm. Andelen skader kan dermed ha sammenheng med at enkelte deler av vegen er underdimensjonert.

Skadene som er registrert i 2011 er meget sammenhengende med skadene som er registrert i 2003, se Bilde 19 (de horisontale linjene). Dette viser at skadetilstanden er relativt stabil. Det er to områder som har fått nye skader, ingen av disse ligger på strekninger med geonett. Det kan dermed antas at geonettet oppfører seg som planlagt der det ikke er skader i vegdekket. Der det er skader, er det mer usikkert hva som skal legges til grunn. Med tanke på at skadene ikke utvikler seg i betydelig grad, kan det antas at skadene har blitt stabilisert av geonettet.

### 6.1.2. Utvikling av jevnhet (Spor og IRI)

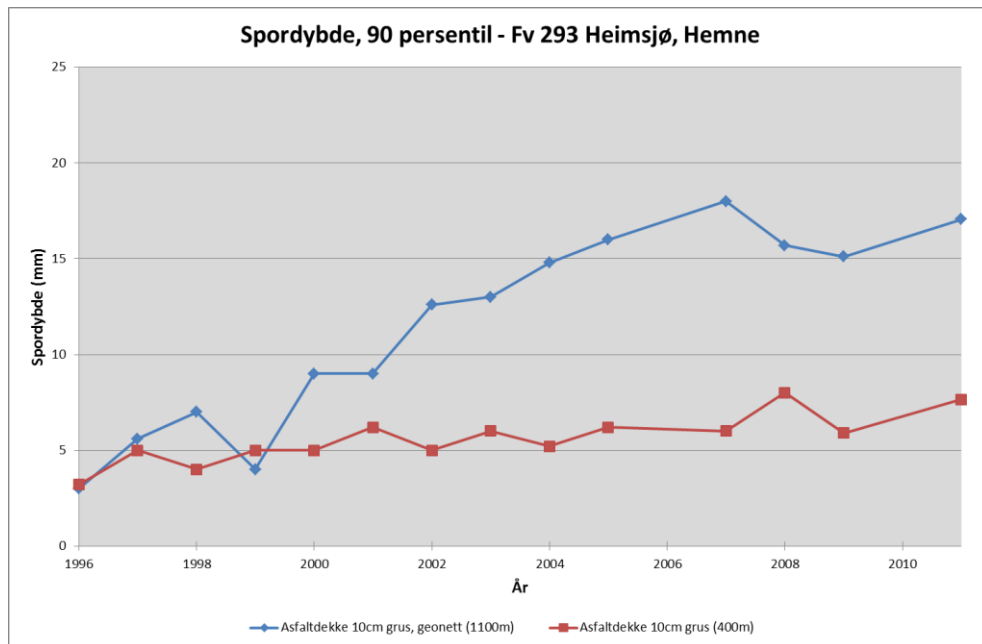
Utviklingen av jevnheten er meget vanskelig å tolke. Spesielt sporutviklingen er høyst variabel. For 2011-dataene er det spordybder fra ca 2mm til ca 30mm, og det er veldig uregelmessige data, se Bilde 19 og Bilag 1.

Utviklingen for 90 prosentilene og gjennomsnittsverdiene (se Bilde 20 og Bilag 2), fordelt over år, viser en betydelig større sporutvikling for strekninger der geonett er benyttet. Dette er ikke veldig overraskende med tanke på underdimensjoneringen (se kapittel 6.1) og de spesielt bløte undergrunnsmaterialene der det ligger geonett. Det må også tas hensyn til at strekningen uten geonett er kort, og at naturlige variasjoner dermed får større betydning. Man kan merke seg at kriteriene for spordybde (25mm, for 90 prosentilen) i Standard for drift og vedlikehold, Hb 111, ikke er nådd i 2011.



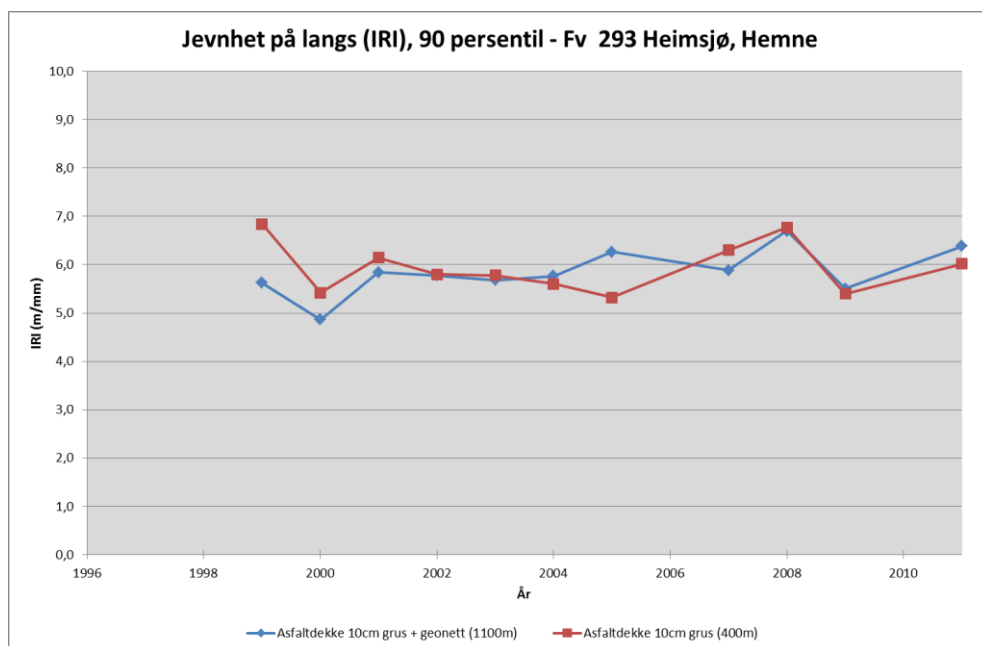
Bilde 19 Sporutvikling

Forutsatt at man hadde benyttet samme lagtykkelser, men uten geonett, er det grunn til å anta at man ville opplevd større spordannelse enn det som er observert. Andre tiltak som større lagtykkelser eller full masseutskifting, vil relativt sikkert virke like bra eller bedre. I dette tilfelle vil kostnadene for en løsning uten geonett bli like dyr som med geonett, ca 360kr/lm (FAKSDAL, Ivar, 2005). «Eventuell masseutskifting ville blitt langt dyrere» (FAKSDAL, Ivar, 2005).



Bilde 20 Utviklingen for 90 prosentilene for spor. Se Bilag 2 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.

Utviklingen for langsgående jevnhet, IRI, er betydelig jevnere, se Bilde 21 og Bilag 4. 90 prosentilen til IRI-verdiene holder seg under 7mm/m, som er satt som kriteriet i Hb111. Det er heller ingen stor forskjell på strekningene med eller uten geonett.



Bilde 21 Utviklingen for 90 prosentilene for jevnhet på langs (IRI). Se Bilag 4 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.

### **6.1.3. Bæreevнемålinger foretatt av SVV**

Det er ikke foretatt noen nye bæreevнемålinger på strekningen.

### **6.1.4. Oppsummering**

For denne vegstrekningen er det noe motstridene data. Spormålingene viser en klar forskjell mellom strekninger med og uten geonett, mens IRI-verdiene ikke viser en slik forskjell. Skadesituasjonen viser at det er klart flere skader på vegdekket der det er geonett, men de er meget stabile i forhold til situasjonen i 2003.

Sett i lys av en forholdsvis stabil skadesituasjon, stabile IRI-verdier og at spordybden ikke har nådd den kritiske verdien for vedlikehold, selv med betydelig verre grunnforhold for geonett, er det grunnlag for å anta at geonettet har hatt en stabiliserende effekt på bærelaget.

## 6.2. Fv 301 hp01 Våvatnet, Snillfjord



Bilde 22 Kart over plassering av Fv 301 Våvatnet, Snillfjord kommune (NVDB, 2012).

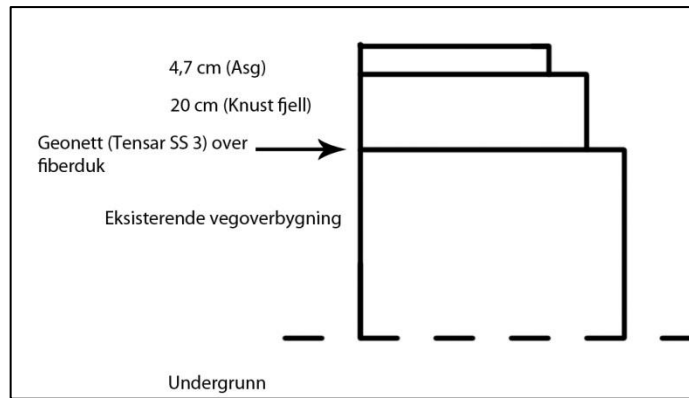
Fv 301 hp01 ligger i Snillfjord kommune, se Bilde 14 og Bilde 22. Vegen går fra Våvatnet til Ven i Ytre Snillfjord. Vegen er 18300 meter lang og 5-5,5 meter bred. Det er lagt geonett på enkelte strekninger fra profil 0 til profil 9900. Totalt er det ca 1800 meter med geonett. Dette fører til at det er en betydelig større del uten geonett enn med.

Tillatt aksellast er 10 tonn hele året. Før vegen ble utbedret i 1999 var tillatt aksellast 8 tonn om sommeren og 10 tonn om vinteren.

«Arbeid som ble utført med tilhørende mengder:

- Vegetasjonsrydding, sprengning, masseflytting
- Grøfting: 1000 meter (til sammen på begge sider)
- Stikkrenner: 1290 meter
- Fiberduk: 100000 m<sup>2</sup>
- Forsterkningslag: 21000 m<sup>3</sup> knust fjell (20-100 mm). Tykkelse ca 20 cm
- Geonett: ca 9900 m<sup>2</sup> Tensar SS3 (1797 m\* 5,5 m)
- Slitelag: 4,7 cm asfalskumgrus (Asg) (100 kg/m<sup>2</sup>)
- Omlegging: 400 m ved Leirmælan
- Murer, rekkverk, vegmerking, skilt, leskur, ferister etc

Det meste av forsterkningen er utført på eksisterende veg med fiberduk og ca 20 cm pukk (20-100 mm). Pukken er forkilt med emulsjonsgrus (2% Eg). På toppen er det lagt et asfaltdekke av asfalskumgrus (Asg) i 4,7 cm tykkelse» (FAKSDAL, Ivar, 2005)



Bilde 23 Overbygningen på strekninger med geonett.

Årsdøgntrafikken (ÅDT) på denne strekningen har økt siden forsterkningstiltakene ble gjennomført.

ÅDT<sub>1999</sub>: 400 kjt/døgn

ÅDT<sub>2004</sub>: 454 kjt/døgn

ÅDT<sub>2010</sub>: 510 kjt/døgn

Andelen av tunge (lange) kjøretøy er 10%.

(NVDB, 2012)

Dette fører til en årlig trafikkvekst på ca 2% for hele perioden, og for perioden fra forrige rapport. Dette samsvarer med den normal trafikkveksten som man regner med. Det må derfor antas at det skal være en normal skadeutvikling for denne vegstrekningen.

Hele vegstrekningen ble reasfaltert i 2011. Derfor benyttes data og bilder fra 2010 for å se på utviklingen.

## 6.2.1. Gjennomgang av bilder og dekkeskader

Dekkeskadene er registrert etter bilder fra 2010, dette er også grunnlaget for skaderegistreringen (NVDB). Det er registrert relativt få skader med karakter L og H, flertallet er dermed på karakter M. Det er henholdsvis registrert 15, 4 og 25 sammenhengende skader. Alle skadene er varianter av langsgående sprekker, flere av disse er uregelmessige, og det antas at flere av de verste områdene utvikler seg mot krakeleringer, se Bilde 24. Sprekkene er lokalisert på hele vegoverflaten, men det er en overvekt av skader som brer seg fra den ene skulderen og innover. (Det ses bort fra skader som er helt på kanten av asfaltdekket, dvs på skuldrene).



Bilde 24 Eksempel på sprekker som brer seg fra skulderen og innover. Profil 1610 (NVDB, 2012)

Andel av vegdekket som er skadet, se Bilag 8:

Ikke geonett: 6% av totalt 100000m<sup>2</sup>

Geonett: 4% av totalt 9900m<sup>2</sup>

Andelen av vegdekket som er skadet viser at det er en begrenset del som er skadet. Det er en ubetydelig differanse mellom der det er geonett og der det ikke er geonett (2 prosentpoeng).

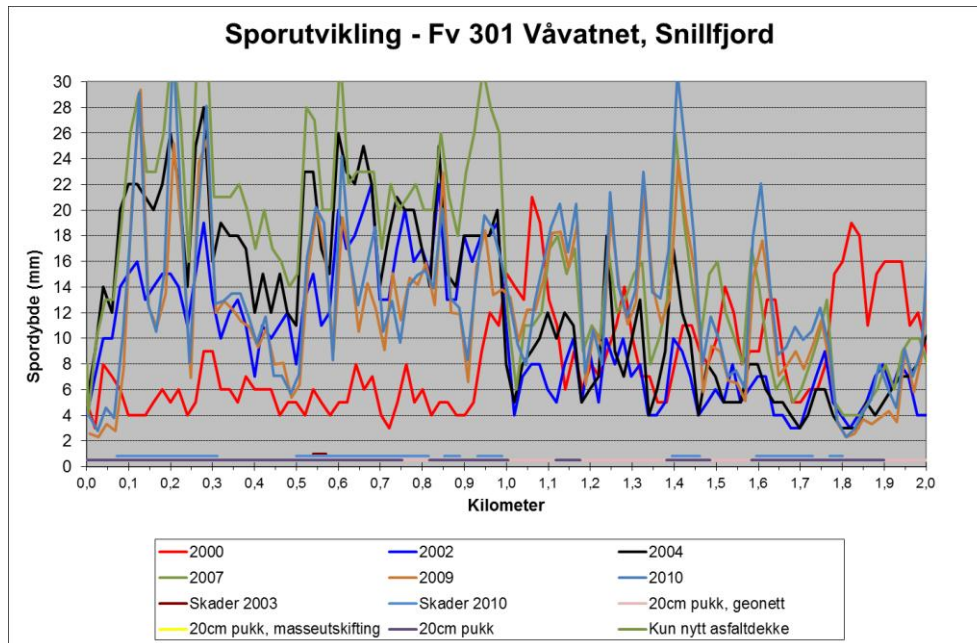
I 2003 ble det registrert meget få skader i vegdekket, 0,7% (FAKSDAL, Ivar, 2005). Det har dermed vært en betydelig økning i skadeomfanget de siste årene. Skadene som ble registrert i 2003 har antakeligvis utviklet seg til det verre, da de er relativt alvorlige i 2010. Den ene er registrert som en langsgående sprekk med karakter H. Denne ligger på en strekning som er masseutskiftet. Ingen av skadene som ble registrert i 2003 ligger på geonett.

Skadene som er vist i Bilde 25 (de horisontale linjene), gir et eksempel på hvordan skadene har utviklet seg. Den eneste forskjellen i overbygningen (Bilde 25), er om det er benyttet geonett eller ikke. Selv om geonett er lagt der man antok at de verste grunnforholdene var til å begynne med er det ikke registrert skader i vegdekket der det er geonett, bortsett fra for profil 750 – 800. Det er derimot registrert skader på mye av strekningene uten geonett. Man kan også se at skaden fra 2003 har utviklet seg voldsomt.



### 6.2.2. Utvikling av jevnhet (Spor og IRI)

Utviklingen av jevnheten er meget vanskelig å tolke. Spesielt sporutviklingen er høyst variabel. For 2010-dataene er det spordybder fra ca 2mm til ca 40mm. Det er i tillegg veldig uregelmessige data, se Bilde 25 for et eksempel og Bilag 1 for hele vegstrekningen.



Bilde 25 Et (ekstremt) eksempel på sporutvikling. Se Bilag 1 for hele vegstrekningen.

Utviklingen for 90 prosentilene og gjennomsnittsverdiene (se Bilde 26 og Bilag 2) fordelt over år, viser en betydelig større sporutvikling for strekninger der geonett ikke er benyttet. Dette er noe overraskende, med tanke på de bløte undergrunnsmaterialene der det ligger geonett. Man kan merke seg at kriteriene for spordybde (25mm, for 90 prosentilen) i Standard for drift og vedlikehold, Hb 111, ikke er nådd i 2011 for noen av overbygningstypene.

Bilde 26 viser at utviklingen for de fire grafene grovt kan deles inn i to. De to «vanlige» overbygningstypene, og de to andre (geonett og masseutskifting). Det kommer klart fram at masseutskifting er den typen med minst spor, og flatest utvikling (men med en stigende kurve på slutten). Geonett har en mer ujevn utvikling, men holder seg relativt jevnt under 15mm. *Asfaltdekke med 20cm puk*, og *kun nytt asfaltdekke*, viser begge betydelig brattere kurver enn de to andre. En lineær regresjon til de fire kurvene viser dette tydelig. Under er stigningstallene listet opp, sammen med formelen.

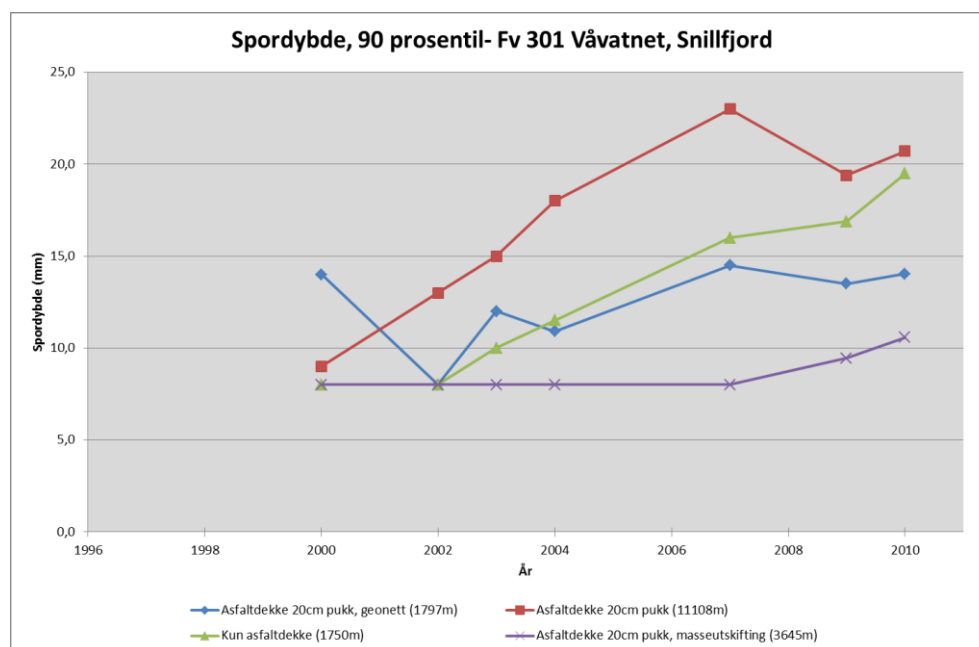
Asfaltdekke 20cm puk	1,3	( $y=1,327x-2254,3$ ),
Kun asfaltdekke	1,2	( $y=1,2074x-2408$ ).
Asfaltdekke 20cm puk, geonett	0,3	( $y=0,2893x-567,6$ )
Asfaltdekke 20cm puk, masseutskifting	0,2	( $y=0,2221x-436,82$ )



Forutsatt at man hadde benyttet samme lagtykkelser, men uten geonett, er det grunn til å anta at man ville opplevd større spordannelse enn det som er observert for strekninger med geonett. Spesielt med tanke på at geonettet er lagt der de bløteste undergrunnsmaterialene er. Andre tiltak som større lagtykkelser eller full masseutskifting, vil relativt sikkert virke like bra eller bedre. Bilde 26 viser at den løsningen som har minst spor er masseutskifting. Det er ikke overraskende da dette er en tradisjonell metode som har vært i bruk i mange år med gode resultater.

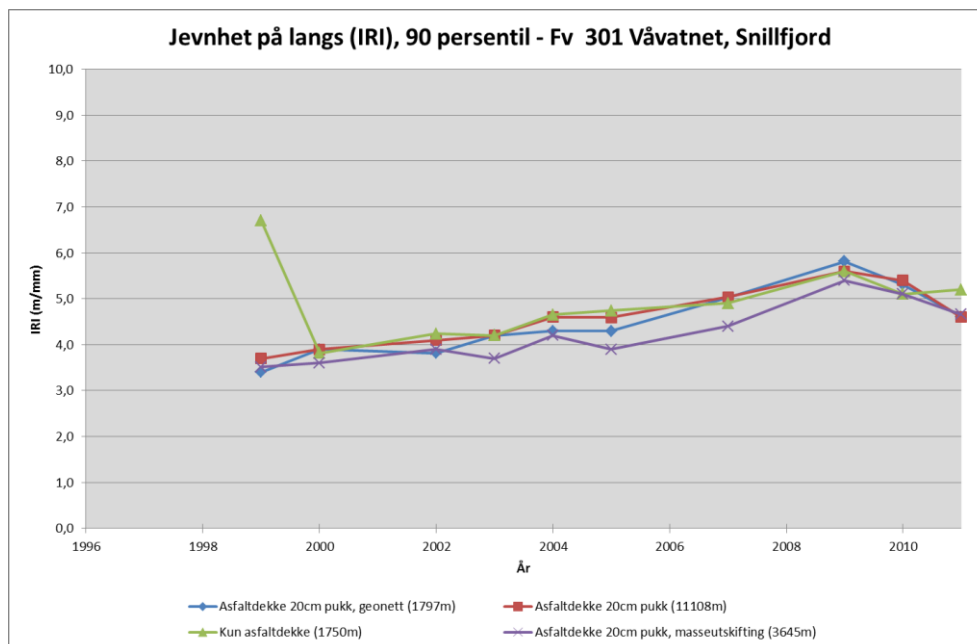
I dette tilfelle vil kostnadene for en løsning uten geonett bli dyrere enn med geonett, ca 550kr/lm med geonett, og ca 870kr/lm uten geonett (FAKSDAL, Ivar, 2005). Dette er en økning på ca 60% for en løsning uten geonett. «Eventuell masseutskifting ville blitt langt dyrere» (FAKSDAL, Ivar, 2005).

Masseutskifting kunne dermed ha gitt en bedre løsning, men til en større kostnad.



Bilde 26 Utviklingen for 90 prosentilene for spor. Se Bilag 2 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.

Utviklingen for langsgående jevnhet, IRI, er betydelig jevnere, se Bilde 27 og Bilag 4. 90 prosentilen til IRI-verdiene holder seg under 7mm/m, som er satt som kriteriet i Hb111. Det er heller ingen nevneverdige forskjell på strekningene med eller uten geonett.



Bilde 27 Utviklingen for 90 prosentilene for jevnhet på langs (IRI). Se Bilag 4 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.

### 6.2.3. Bæreevnmålinger foretatt av SVV

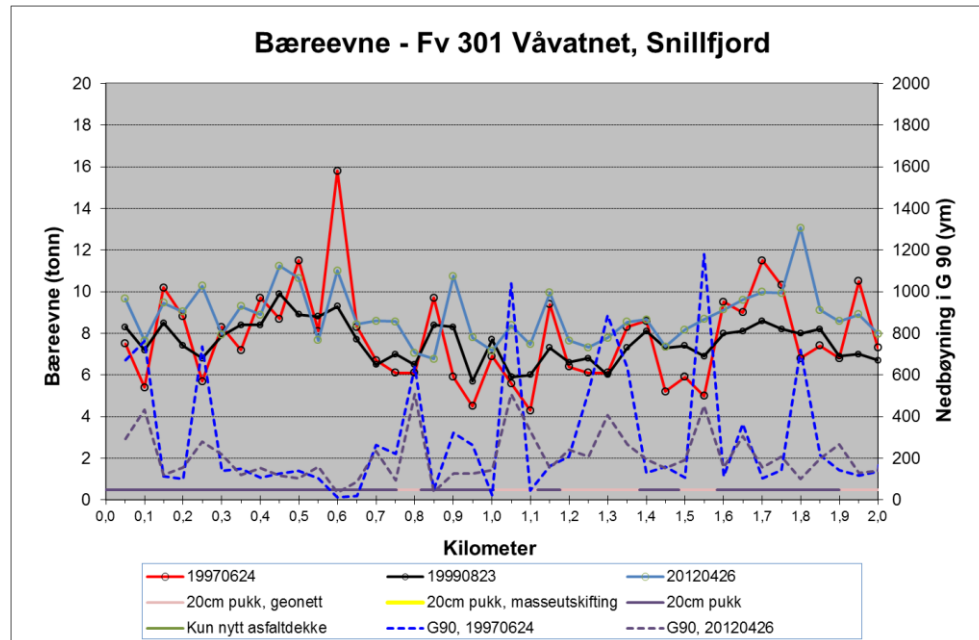
Det er foretatt målinger av bæreevnen for profilene 0 – 4000 og 6000 – 8000 i april 2012. Det er på disse strekningene det ligger geonett. Strekningsbæreevnen for denne strekningen er beregnet til 7,6 tonn for profil 0 – 4000, og 9,0 tonn for profil 6000-8000 (BREMSETH, Ottar, 2012).

Strekningsbæreevnen ligger ikke på det samme nivået som den tillatte aksellasten på 10 tonn. Dette fører til at man må forvente skader på vegdekket.

Nedbøyningsmålingene i G90 (se Bilde 28 og Bilag 5) viser at undergrunnen er meget bløt på enkelte partier. (Mange målinger er over 200µm, og maksimumsverdien for 1997 er på 1500µm! Maksimumsverdien for 2012 er 500µm.)

Bæreevnmålingene ble foretatt i august i 1997, og i april i 2012. Det forventes at det er mindre vann i overbygningen i august enn i april (selv om dette ikke alltid er tilfelle), og at bæreevne derfor bør være høyere i august. G90 målingene viser en klar reduksjon i nedbøyningen der det ligger geonett (differanse fra 1997 til 2012). Om dette er på grunn av andre forhold enn geonettet er vanskelig å si. Det er tydelig at man har denne reduksjonen på andre overbygningstyper også, selv om det ikke er like tydelig for disse. Bæreevnmålingene viser også at bæreevnen er høyere i 2012 enn i 1999. Dette gir

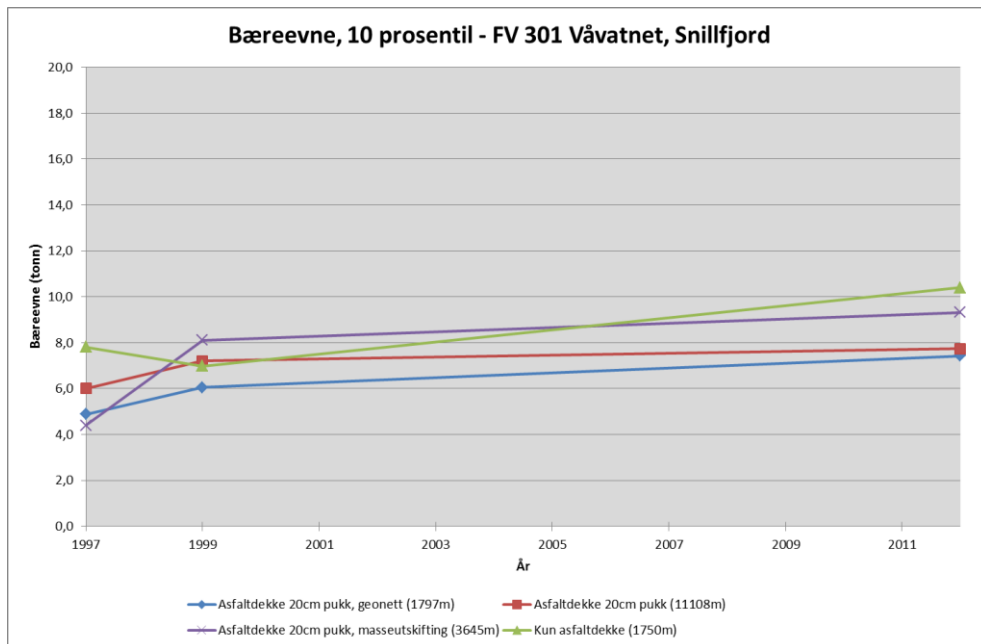
imidlertid ikke like klare signaler. Det virker som om G90 målingene gir et bedre innblikk i effektene som geonettet tilfører til overbygningen, enn det bæreevnemålingene gir. Med tanke på de nevnte forholdene rundt vannmengdene i overbygningen, kan det antas at de omtalte effektene ville vært større hvis de ble målt i samme måned.



Bilde 28 Eksempel på bæreevnemålinger. 19970624 er før forsterkningstiltaket ble gjennomført. Se Bilag 5 for hele strekningen.

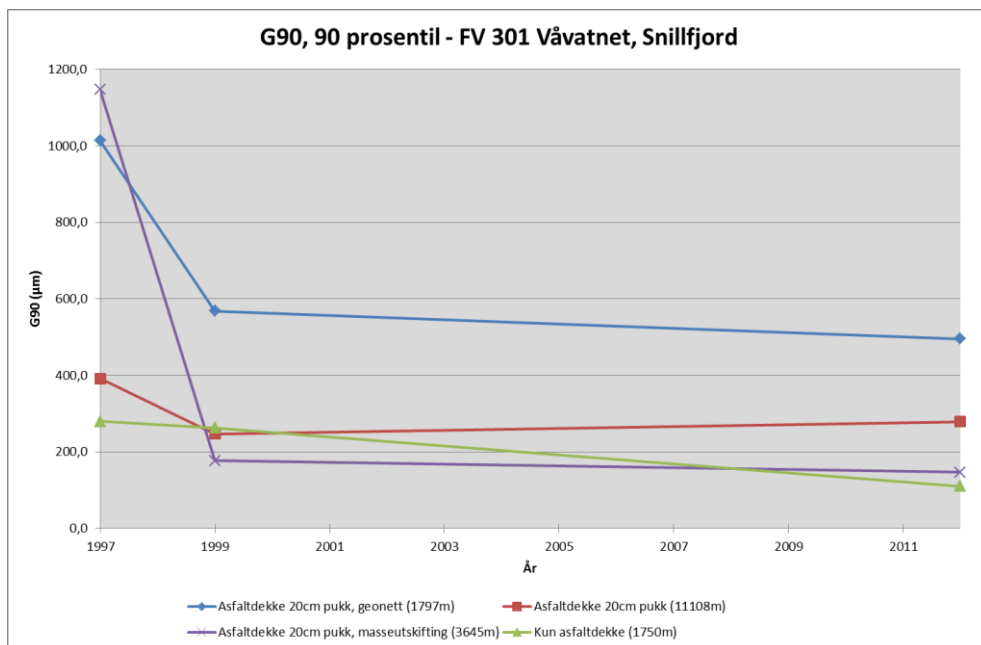
Bilde 29 viser utviklingen, 10 prosentil, i bæreevne over år. Datagrunnlaget for 2012 er mindre enn for de to andre årene. Dette er, som nevnt før, på grunn av at det kun er gjort målinger for totalt 6km i 2012.

Alle de fire overbygningstypene har økt bæreevne i forhold til de andre årene. Strekningene der det kun ble lagt nytt asfaltdekke (der det var best grunnforhold til å begynne med) kommer, ikke overraskende, best ut. Strekningene med masseutskifting har den største økningen i bæreevne. Ikke overraskende det heller. Strekningene med geonett hadde i 1997 nesten like dårlig bæreevne som der det ble masseutskiftet. Økningen i bæreevne har ikke vært like stor som der det ble masseutskiftet, men det er en økning på 2,5 tonn. Den overbygningstypen som likner mest på strekningene med geonett (20cm puk, uten geonett) har hatt en økning på 1,7 tonn. Denne overbygningstypen hadde 1,1 tonn «bedre» undergrunn til å begynne med, og de har dermed omtrent samme bæreevnen i 2012 (0,2 tonn i differanse). Økningen i bæreevne for strekningene med geonett har forkommet i perioden 1999 – 2012, da økningen var identisk fra 1997 – 1999 (1,2 tonn) for disse to overbygningstypene. Dette kan tyde på at det har vært en låsende effekt i geonettet over flere år. Økningen kan også ha kommet av andre tilfeldige årsaker, for eksempel av endrede dreneringsforhold.



Bilde 29 Utvikling for bæreevnen, 10 prosentiler. Se Bilag 6 for større versjon.

Hvis man ser bort fra masseutskifting er overbygningstypen med geonett den som har hatt den klart største reduksjonen i nedbøyning (G90-verdi), se Bilde 30. Dette samsvarer med den omtalte reduksjonen i G90-verdi fra Bilde 28. Strekninger med geonett har fortsatt den klart største nedbøyningen av overbygningstypene. Dette samsvarer med at disse strekningene har de dårligste grunnforholdene.



Bilde 30 Utvikling for G90, 90 prosentiler. Se Bilag 7 for større versjon.

#### 6.2.4. Oppsummering

For denne vegstrekningen er det noe motstridene data. Spormålingene viser en klar forskjell mellom strekninger med og uten geonett, mens IRI-verdiene ikke viser en slik forskjell. Skadesituasjonen viser at det har vært en betydelig økning i antall skader på hele vegstrekningen. Økningen har vært størst prosentvis på vegstrekninger uten geonett, men bare med 2 prosentpoeng. Selv om økningen har vært stor, er ikke det totale skadeomfanget så stort.

Bæreevnmålingene viser en tendens til bedre bæreevne enn tidligere år, selv om de er foretatt i april. G90 målingene viser også en klar tendens til mindre nedbøyning i 2012. På detaljnivå er G90 målingene klarere enn bæreevnmålingene. 10 prosentilene til bæreevnen viser at det har vært en økning i bæreevne over tid. G90-målingene viser den samme tendensen. Siden strekningene med geonett har hatt en kraftigere økning i bæreevne (og reduksjon av G90-verdi) enn tilsvarende overbygning uten geonett, er det trolig at man kan antyde en effekt av geonett ved hjelp av bæreevnmålinger.

Siden skadesituasjonen er omtrent lik for strekninger med og uten geonett, meget stabile IRI-verdier og at spordybene for strekninger med geonett er betydelig mindre enn for strekningene uten geonett (bortsett fra masseutskifting), er det grunnlag for å anta at geonettet har hatt en stabiliserende effekt på bærelaget.

### 6.3. Fv 315 hp01 Hellandsjø, Hemne



Bilde 31 Kart over plassering av Fv 315, Hellandsjø, Hemne kommune. (NVDB, 2012)

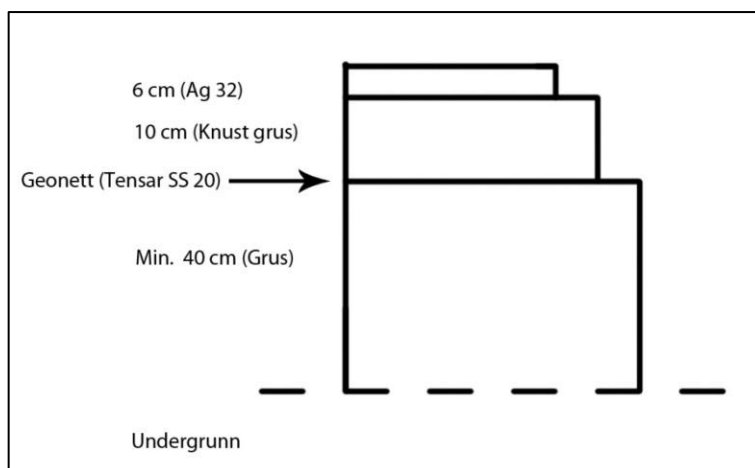
Fv 315 hp01 ligger i Hemne kommune, se Bilde 14 og Bilde 31. Dette er en relativt liten veg, med lite trafikk. Vegen er 1520 meter lang (profil 450 – 1970) og 4,5 meter bred. Frem til profil 600 er det betydelig mer trafikk enn etter, på grunn av at vegen deles her. Det er lagt geonett på strekningen fra profil 600 til profil 1700. Totalt er det 1100 meter med geonett. Dette fører til at det er en større del med geonett enn uten.

Tillatt aksellast er 10 tonn hele året. Før vegen ble utbedret i 1996 var tillatt aksellast 8 tonn om sommeren og 10 tonn om vinteren.

«Arbeid som ble utført med tilhørende mengder:

- Grøfting: 1600 meter (til sammen på begge sider)
- Stikkrenner: 2 nye
- Uttrauing av myr: 800 m (midt i vegen)
- Geonett: 4400 m<sup>2</sup> Tensar SS20
- Bærelag: 1050 m<sup>3</sup> knust grus (0-32 mm). Tykkelse ca 10 cm
- Slitelag: 6 cm asfaltert grus (Ag32) (165 kg/m<sup>2</sup>)
- Omlegging: 120 meter i Grindbakken (profil 1300-1420)» (FAKSDAL, Ivar, 2005)

«Det var et problem at myra kom opp midt i vegen. På bakgrunn av oppgraving var det tydelig at myra ble presset opp midt i vegen som en pyramide. Dette skyldes at vegen er så smal at trafikken kjører i midten. Det ble bestemt at myra i midten av vegen skulle graves bort i en bredde slik at det var minimum 40 cm grus» (FAKSDAL, Ivar, 2005).



Bilde 32 Overbygningen på strekninger med geonett.

Årsdøgntrafikken (ÅDT) på denne strekningen har vært noe synkende siden forsterkningstiltakene ble gjennomført.

Årsdøgntrafikk frem til profil 600:

ÅDT<sub>1998</sub>: 410 kjt/døgn

ÅDT<sub>2004</sub>: 237 kjt/døgn

ÅDT<sub>2010</sub>: 280 kjt/døgn

Andelen av tunge (lange) kjøretøy er 10%.

(NVDB, 2012)

Årsdøgntrafikk etter profil 600:

ÅDT<sub>1998</sub>: 80 kjt/døgn

ÅDT<sub>2004</sub>: 41 kjt/døgn

ÅDT<sub>2010</sub>: 70 kjt/døgn

Andelen av tunge (lange) kjøretøy er 10%.

(NVDB, 2012)

Dette fører til årlige trafikkvekster på henholdsvis minus 3% og minus 1% for hele perioden. For perioden fra forrige rapport er det en økning på henholdsvis 3% og 9%. Dette er årlige trafikkvekster som varierer rundt den normal trafikkveksten på 2%. Etter profil 600 er det så lite trafikk at det antas at en økning på 9% ikke får stor betydning for skadeomfanget. Det må derfor antas at det skal være en noe bedre skadeutvikling enn normalt på denne vegstrekningen.

### 6.3.1. Gjennomgang av bilder og dekkeskader

Dekkeskadene er registrert etter bilder fra 2011, dette er også grunnlaget for skaderegistreringen (NVDB). Det er blitt registrert få skader med karakter L og M, flertallet er dermed på karakter H. Det er henholdsvis registrert 1, 1 og 8 sammenhengende skader. Dette betyr at nesten alle skadene er alvorlige skader. Alle

skadene er varianter av langsgående sprekker, se Bilde 33. Sprekkene er lokalisert på hele vegoverflaten, men det er en overvekt av skader i ytre hjulspor/ ved skulderen. (Det ses bort fra skader som er helt på kanten av asfaltdekket, dvs på skuldrene).



Bilde 33 Eksempel på sprekker i ytre hjulspor/ ved skulderen. Profil 1500. (NVDB, 2012)

Andel av vegdekket som er skadet, se Bilag 8:

Ikke geonett: 46% av totalt 1890m<sup>2</sup>

Geonett: 6% av totalt 4950m<sup>2</sup>

Andelene av vegdekket som er skadet viser at det er stor forskjell på denne vegstrekningen. Det er en betydelig differanse mellom der det er geonett og der det ikke er geonett (40 prosentpoeng). Man skal imidlertid ta differansen i årsdøgntrafikk med i vurderingen, da store deler av skadene ligger på den delen av vegen med mest trafikk.

I 2003 ble det registrert en del skader i vegdekket, ca 14% (FAKSDAL, Ivar, 2005). Det har dermed vært en betydelig økning i skadeomfanget de siste årene. Skadene som ble registrert i 2003 har antakeligvis utviklet seg til det verre, da de er relativt alvorlige i 2011. Alle skadene fra 2003 har fått karakteren H etter bildene fra 2011.

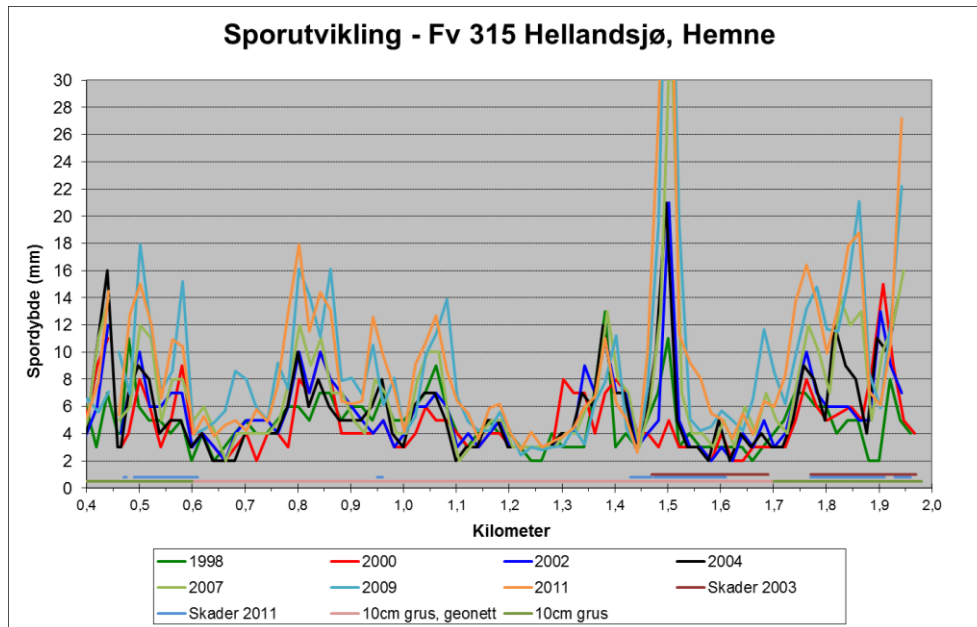
I Bilde 34 (de horisontale linjene) ser man hvor det har dannet seg skader. Man kan også se at skadene fra 2003 er relativt stabile i utstrekning. Det vises også at det er relativt lite skader der det ligger geonett. Dette selv om geonettet er lagt der man antok at de verste grunnforholdene var til å begynne med.

Skadene som er vist i Bilde 33 viser den verste skaden på vegen. Dette er også her den største sporutviklingen er (profil 1500). Som Bilde 33 viser er det vanskelig å definere hva som er den nøyaktige skadeårsaken basert på bildene. Bortsett fra å si at det kan være dårlig sideinnspenning på stedet. Dette er et generelt problem på strekningen. Spesielt på strekninger med geonett blir spørsmålet om skaden hadde vært unngått med en tradisjonell byggemetode. Med tanke på at det er mest skader på strekningene uten geonett, er dette lite trolig.



### 6.3.2. Utvikling av jevnhet (Spor og IRI)

Utviklingen av jevnheten er meget vanskelig å tolke. Spesielt sporutviklingen er høyst variabel. For 2011-dataene er det spordybder fra ca 2,6mm til ca 49,7mm. Det er i tillegg veldig uregelmessige data, se Bilde 34 og Bilag 1.



Bilde 34 Sporutvikling. Se Bilag 1 for en større versjon.

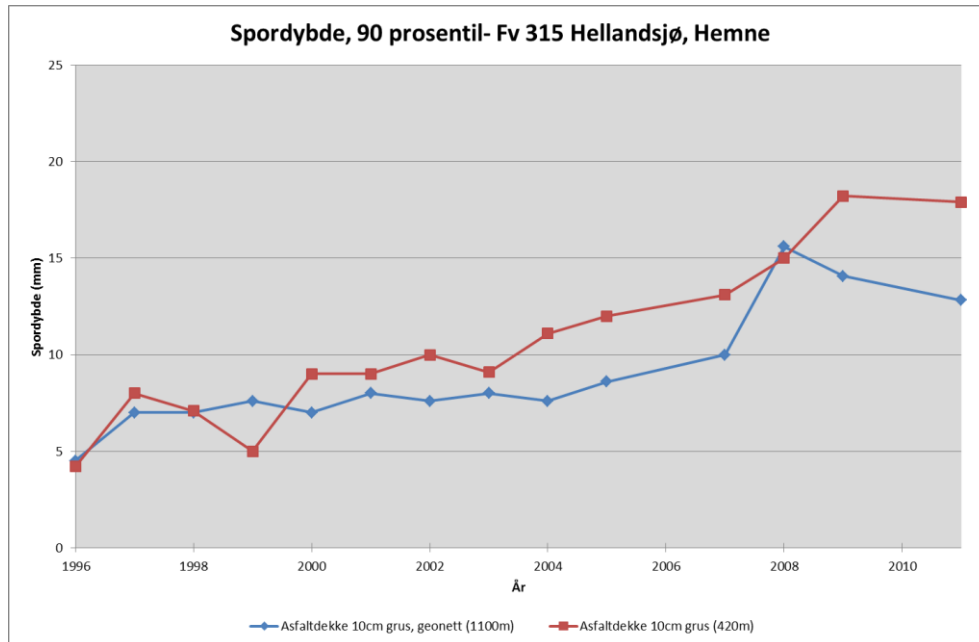
Utviklingen for 90 prosentilene og gjennomsnittsverdiene (se Bilde 35 og Bilag 2), fordelt over år, viser en noe større sporutvikling for strekninger der geonett ikke er benyttet. Man kan merke seg at kriteriene for spordybde (25mm, for 90 prosentilen) i Standard for drift og vedlikehold, Hb 111, ikke er nådd i 2011 for noen av overbygningstypene.

En lineær regresjon til de to kurvene i Bilde 35, viser at strekningen med geonett har noe mindre stigningstall enn uten geonett. Dette betyr at den generelle utviklingen går saktere for strekninger med geonett. Under er stigningstallene listet opp, sammen med formelen.

Asfaltdekke 10cm grus	0,9	( $y=0,8693x-1730,4$ ),
Asfaltdekke 10cm grus, geonett	0,6	( $y=0,5749x-1142,5$ ).

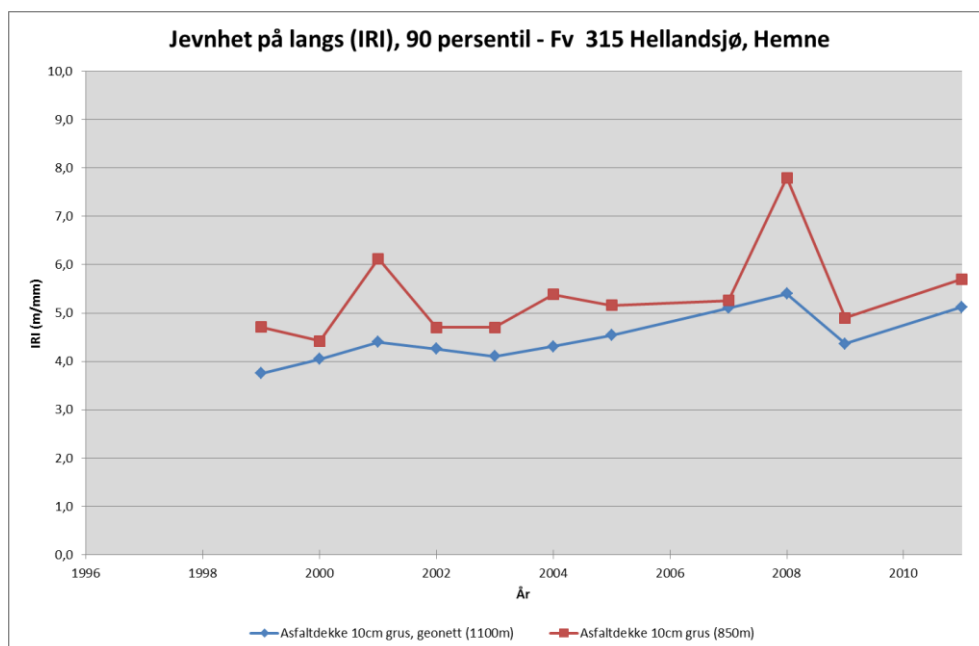
Forutsatt at man hadde benyttet samme lagtykkelser, men uten geonett, er det grunn til å anta at man ville opplevd større spordannelse enn det som er observert for strekninger med geonett. I alle fall på likt nivå som strekningene uten geonett. Spesielt med tanke på at geonettet er lagt der de bløteste undergrunnsmaterialene er. Andre tiltak som større lagtykkelser eller full masseutskifting vil relativt sikkert virke like bra eller bedre, men til en større kostnad.

I dette tilfelle vil kostnadene for en løsning uten geonett bli noe dyrere enn med geonett, ca 410kr/lm med geonett, og ca 435kr/lm uten geonett (FAKSDAL, Ivar, 2005). Dette er en økning på ca 6 % for en løsning uten geonett. «Eventuell masseutskifting ville blitt langt dyrere» (FAKSDAL, Ivar, 2005).



Bilde 35 Utviklingen for 90 prosentilene for spor. Se Bilag 2 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.

Utviklingen for langsgående jevnhet, IRI, er betydelig jevnere, se Bilde 36 og Bilag 4. 90 prosentilen til IRI-verdiene holder seg, med ett unntak (2008), under 7mm/m, som er satt som kriteriet i Hb111. Forskjellen på strekningene med og uten geonett er liten, men strekningen med geonett kommer bedre ut.



Bilde 36 Utviklingen for 90 prosentilene for jevnhet på langs (IRI). Se Bilag 4 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.

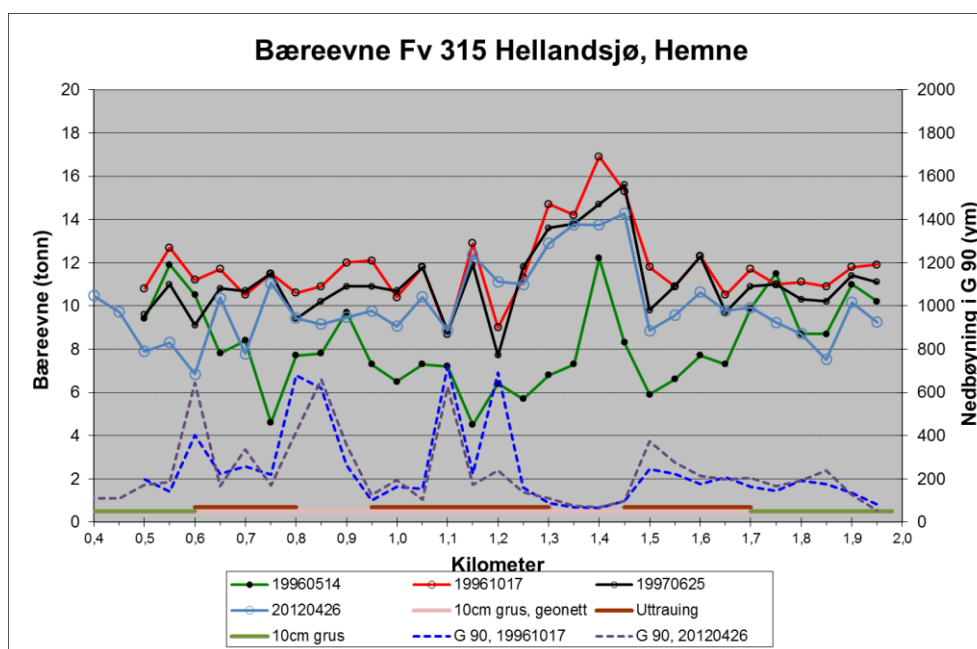
### 6.3.3. Bæreevne målinger foretatt av SVV

Det er foretatt målinger av bæreevnen for hele vegen i april 2012. Strekningsbæreevnen for denne strekningen er beregnet til 7,9 tonn (BREMSETH, Ottar, 2012).

Strekningsbæreevnen ligger ikke på det samme nivået som den tillatte aksellasten på 10 tonn. Dette fører til at man må forvente en del skader på vegdekket.

Nedbøyningsmålingene i G90 fra både 1996 og 2012 (se Bilde 37 og Bilag 5) viser at undergrunnen er meget bløt på store partier. (De fleste målingene er over 200µm, og maksimumsverdien for begge årene ligger på ca 700µm)

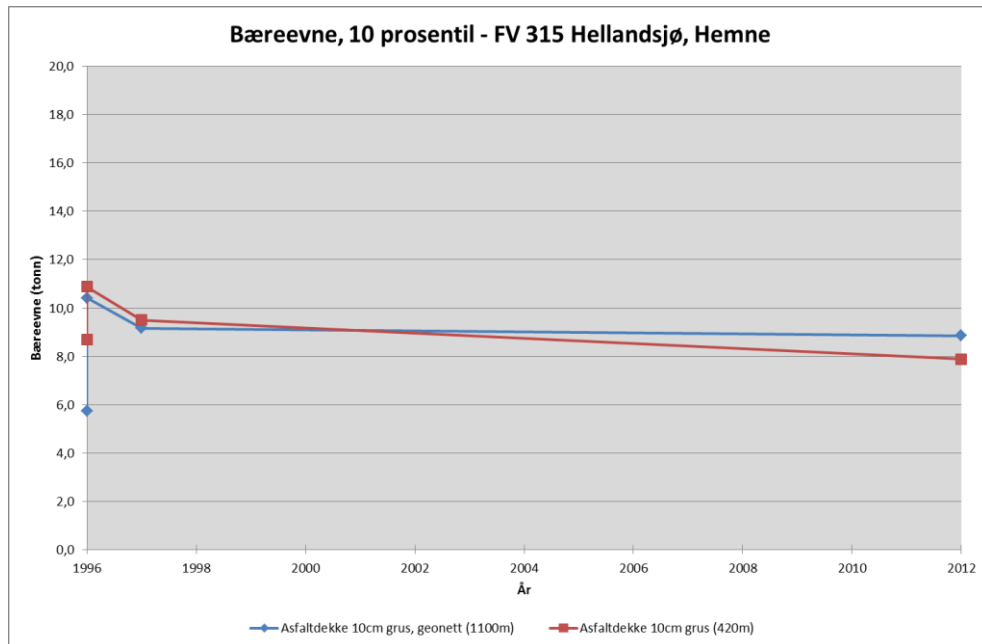
Bæreevne målingene ble foretatt i oktober i 1996, og i april i 2012. Det forventes at det er mindre vann i grunnen i oktober enn i april (selv om dette ikke alltid er tilfelle), og at bæreevne derfor bør være høyere i oktober. G90 målingene i Bilde 37 viser ingen markant reduksjon i nedbøyningen der det ligger geonett (differanse 1996 til 2012), i forhold til strekningene uten geonett. Bæreevne målingene viser at bæreevnen jevnt over er lavere enn i både oktober 1996 og i 1997. Dette kan skyldes det nevnte vannnivået i grunnen. Man kan merke seg at bæreevnen jevnt over er høyere enn før forsterkningen (mai 1996) der det ligger geonett. Der det ikke ligger geonett er bæreevnen lavere.



Bilde 37 Bæreevne målinger. 19960514 er før forsterkningstiltaket ble gjennomført. Se Bilag 5 for større versjon.

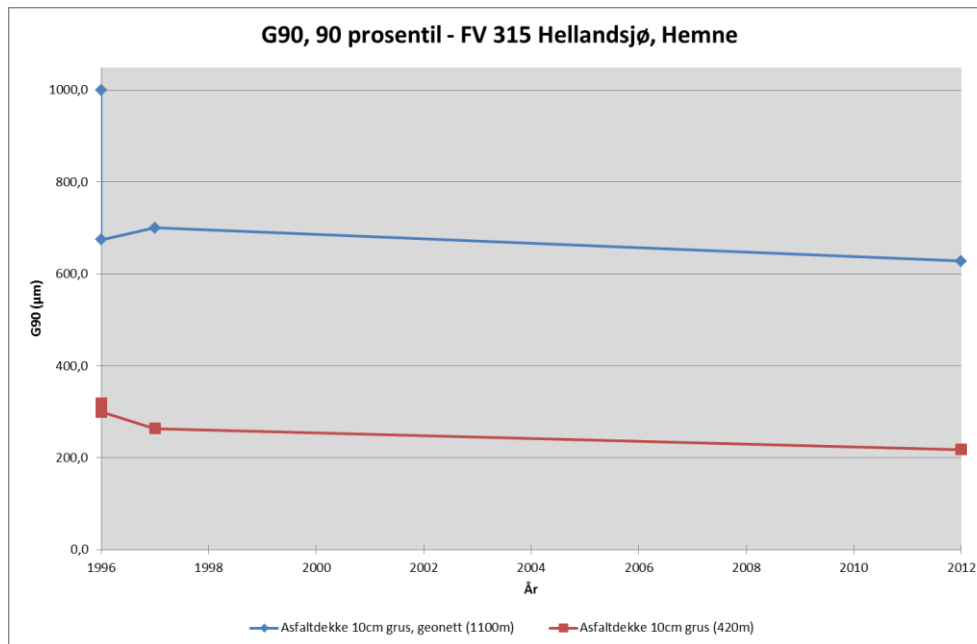
Bilde 38 viser utviklingen, 10 prosentil, i bæreevne over år. Det er tydelig at forsterkningstiltakene hadde en umiddelbar effekt (denne effekten kan muligens komme av at målingene er foretatt i mai (1996) og i oktober (1996)). Denne effekten var imidlertid på retur i 1997. Målingene som er foretatt i april 2012 viser at strekningen med geonett har vært stabil siden 1997, og at bæreevnen er betydelig høyere enn før

forsterkningstiltaket (ca 3 tonn). Det samme gjelder ikke for strekningene uten geonett. For disse er strekningene er bæreevnen lavere enn før forsterkningen (ca 1 tonn)



Bilde 38 Utvikling for bæreevnen, 10 prosentiler. Se Bilag 6 for større versjon.

Utviklingen for G90-verdiene (90 prosentilene) vises i Bilde 39. Det er tydelig at strekningene med geonett har betydelig dårligere grunnforhold enn strekningen uten geonett. Det er også tydelig at den «umiddelbare» effekten (to målinger i 1996) er betydelig større for strekninger med geonett, enn de uten geonett. Selv om disse målingene er tatt i henholdsvis mai og oktober (og man tar hensyn til den antatte forskjellen til vannmengde i grunnen) bør den relative forskjellen mellom strekninger med og uten geonett være representativ. Etter denne «umiddelbare» effekten har utviklingen flatet ut, selv om det er liten forbedring i 2012. For denne vegstrekningen tyder det på at geonettet ikke har en låsende effekt som øker over tid, men heller en umiddelbar effekt. Utviklingen fra 1997 til 2012 har vært omtrent lik for begge overbygningstypene.



Bilde 39 Utvikling for G90, 90 prosentiler. Se Bilag 7 for større versjon.

#### 6.3.4. Oppsummering

For denne vegstrekningen er det relativt entydige data. Man skal likevel være klar over strekningen uten geonett er relativt kort, og at deler av disse strekningene har høyere ÅDT. Spormålingene viser at strekningene med geonett er jevnere enn uten geonett. IRI-verdiene viser det samme, men ikke i tilsvarende grad. Skadesituasjonen viser at det har vært en økning i antall skader, spesielt der det ikke er geonett. Skadene fra 2003 er fortsatt gjeldende, men det virker som de har relativt stabil utbredelse.

Bæreevne målingene viser en dårligere bæreevne enn tidligere år, dette kan ha med at målingene for 2012 er gjort i april. Bæreevnen er likevel høyere enn før forsterkningstiltakene i 1996. G90 målingene viser en markant «umiddelbar» effekt, men ingen ytterligere låsende effekt over tid.

10 prosentilene til bæreevnen viser at bæreevnen for strekninger med geonett har holdt seg bedre, enn strekninger uten geonett. I tillegg til at strekninger med geonett har en betydelig større forskjell mellom målingen før forsterkningstiltaket, og målingen i 2012. Det er dermed trolig at man kan antyde en effekt av geonettet ved hjelp av bæreevne- og G90-målinger.

Siden skadesituasjonen er verre for strekninger uten geonett. IRI-verdiene, spormålingene og bæreevne målingene viser at strekninger med geonett kommer bedre ut enn strekninger uten geonett. Det er dermed grunnlag for å anta at geonettet har hatt en stabiliserende effekt på bærelaget.

## 6.4. Fv 410 hp01 Titran, Frøya



Bilde 40 Kart over plassering av Fv 315, Hellandsjø, Hemne kommune. (NVDB, 2012)

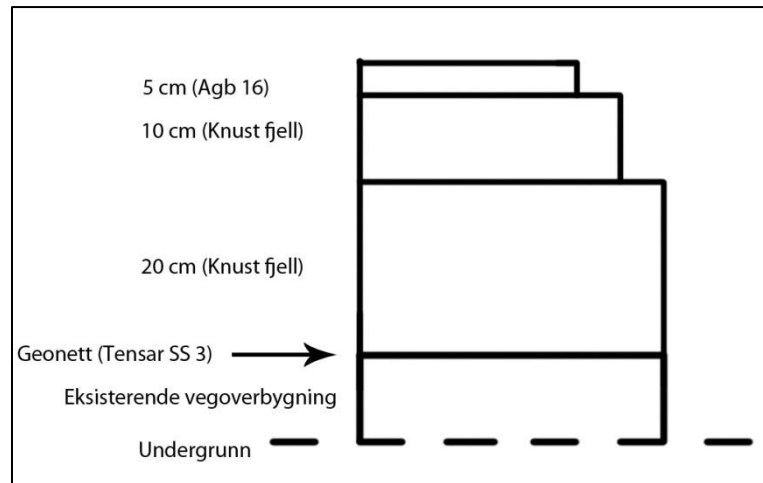
Fv 410 hp01 ligger i Frøya kommune, se Bilde 14 og Bilde 40. Dette er en relativt liten veg, med lite trafikk. Vegen er 15135 meter lang og 5,9 meter bred. Det er lagt geonett på flere strekninger frem til profil 8700. Totalt er det 2635 meter med geonett. Dette fører til at det er en betydelig større del uten geonett enn med.

Tillatt aksellast er 10 tonn hele året. Før vegen ble utbedret i 1996 var tillatt aksellast 8 tonn om sommeren og 10 tonn om vinteren.

«Arbeid som ble utført med tilhørende mengder:

- Avdekking av fjell, sprengning av skjæringer (30000 m<sup>3</sup>)
- Uttrauing av myrpartier
- Kurveutbedring og breddeutvidelser
- Geonett: 15800 m<sup>2</sup> Tensar SS 3 (2635 m\* 6 m)
- Forsterkningslag: 9300 m<sup>3</sup> knust fjell (pukk) (20-100 mm). Utlagt i 20 cm tykkelse + avrettingslag, totalt 25 cm.
- Bærelag: 13500 m<sup>3</sup> knust fjell (0-25 mm). Tykkelse ca 10 cm
- Slitelag: 5 cm asfaltgrusbetong (Agb16) (122 kg/m<sup>2</sup>). Totalt 10800 tonn.
- Rekkverk, skilt, vegmerking
- Omlegging: Ved Kverva» (FAKSDAL, Ivar, 2005)

«Etter avretting av vegen til riktig tverrfall ble geonett lagt ut. Det var ikke aktuelt med masseutskifting fordi myra var for dyp» (FAKSDAL, Ivar, 2005).



Bilde 41 Overbygningen på strekninger med geonett.

Årsdøgntrafikken (ÅDT) på denne strekningen har hatt en variabel utvikling (over profilene) siden forsterkningstiltakene ble gjennomført.

Årsdøgntrafikk frem til profil 2559:

ÅDT<sub>1998</sub>: 400 kjt/døgn

ÅDT<sub>2004</sub>: 309 kjt/døgn

ÅDT<sub>2010</sub>: 350 kjt/døgn

Andelen av tunge (lange) kjøretøy er 10%.

(NVDB, 2012)

Årsdøgntrafikk mellom profilene 2559 – 6154:

ÅDT<sub>1998</sub>: 220 kjt/døgn

ÅDT<sub>2004</sub>: 371 kjt/døgn

ÅDT<sub>2010</sub>: 410 kjt/døgn

Andelen av tunge (lange) kjøretøy er 10%.

(NVDB, 2012)

Årsdøgntrafikk etter profil 6154:

ÅDT<sub>1998</sub>: 70 kjt/døgn

ÅDT<sub>2004</sub>: 217 kjt/døgn

ÅDT<sub>2010</sub>: 260 kjt/døgn

Andelen av tunge (lange) kjøretøy er 10%.

(NVDB, 2012)

Dette fører til årlige trafikkvekster for hele perioden på henholdsvis -1%, 5% og 11%. Årlige trafikkvekster siden den forrige rapporten er på henholdsvis 2%, 2% og 3%. Den normale trafikkveksten som man regner med er 2%. Disse forskjellene betyr at det kan

antas en relativt normal skadeutvikling siden forrige rapport. Årsdøgntrafikken er lav for alle delstrekningene, og differansen mellom strekningene er maksimalt 150 kjt/døgn. Så selv om økningen er veldig stor for enkelte strekninger (hele perioden), kan det antas at betydningen av forskjellige trafikkmengder ikke er tilsvarende stor.

### 6.4.1. Gjennomgang av bilder og dekkeskader

Dekkeskadene er registrert etter bilder fra 2011, dette er også grunnlaget for skaderegistreringen (NVDB). Det er blitt registrert relativt få skader med karakter L. Flertallet av skadene har karakter M, men det er også relativt mange med karakter H. Det er henholdsvis registrert 6, 63 og 15 sammenhengende skader. Dette betyr at mange av skadene er alvorlige skader. Flertallet av skadene er krakeleringer av forskjellig karakter, se Bilde 42 for et eksempel. Krakeleringer kommer ofte av at vegkonstruksjonen har for liten bæreevne (VEGDIREKTORATET, 1996) Det er også en del langsgående sprekker. Krakeleringene og sprekkeene er lokalisert på hele vegoverflaten, men det er en overvekt av skader i ytre hjulspor/ ved skulderen. (Det ses bort fra skader som er helt på kanten av asfaltdekket, dvs på skuldrene).



Bilde 42 Eksempel på krakelering av hele vegbanen. Profil 5195. (NVDB, 2012)

Andel av vegdekket som er skadet, se Bilag 8:

Ikke geonett: 25% av totalt 73750m<sup>2</sup>

Geonett: 28% av totalt 15547m<sup>2</sup>

For denne vegstrekningen viser andelene av vegdekket som er skadet, at det er en begrenset forskjell mellom der det er geonett og der det ikke er geonett (3 prosentpoeng). Differansene i årsdøgntrafikk må vurderes, men skadene fordeler seg relativt likt på hele vegstrekningen, og differansen i årsdøgntrafikk er liten. Det antas derfor at betydningen av differansen i årsdøgntrafikk er liten for skadeutviklingen.

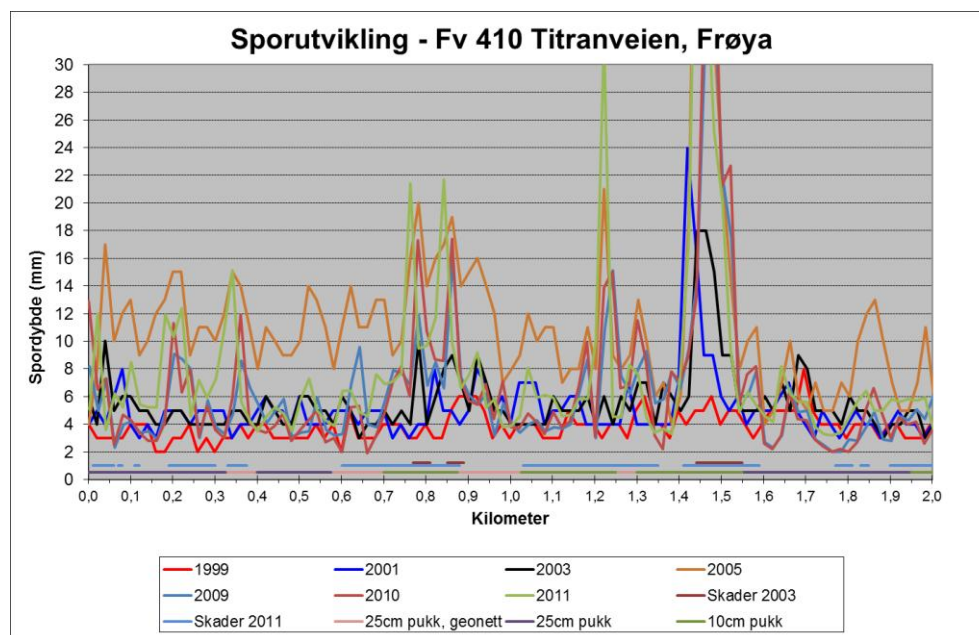
I 2003 ble det registrert en del skader i vegdekket, ca 7% av arealet (FAKSDAL, Ivar, 2005). Det har dermed vært en betydelig økning i skadeomfanget de siste årene. Også i 2003 var de fleste skadene krakeleringer (FAKSDAL, Ivar, 2005). Bilde 43 (de horisontale



linjene) og Bilag 1 viser at skadene fra 2003 har utviklet seg til større skader (utbredelse). Det antas også at flere av skadene fra 2003 har utviklet seg til verre skader (8 av 17 skader som var registrert i 2003, har fått karakter H 2011). Det er vanskelig å trekke noen konklusjon om skadeutviklingen på strekninger med og uten geonett, på grunn av at det har vært en betydelig økning på alle overbygningstypene.

#### 6.4.2. Utvikling av jevnhet (Spor og IRI)

Utviklingen av jevnheten er vanskelig å tolke. Spesielt sporutviklingen er høyst variabel. For 2011-dataene er det spordybder fra 2,7mm til 49mm. Dataene er i tillegg veldig uregelmessige, se Bilde 43 og Bilag 1.



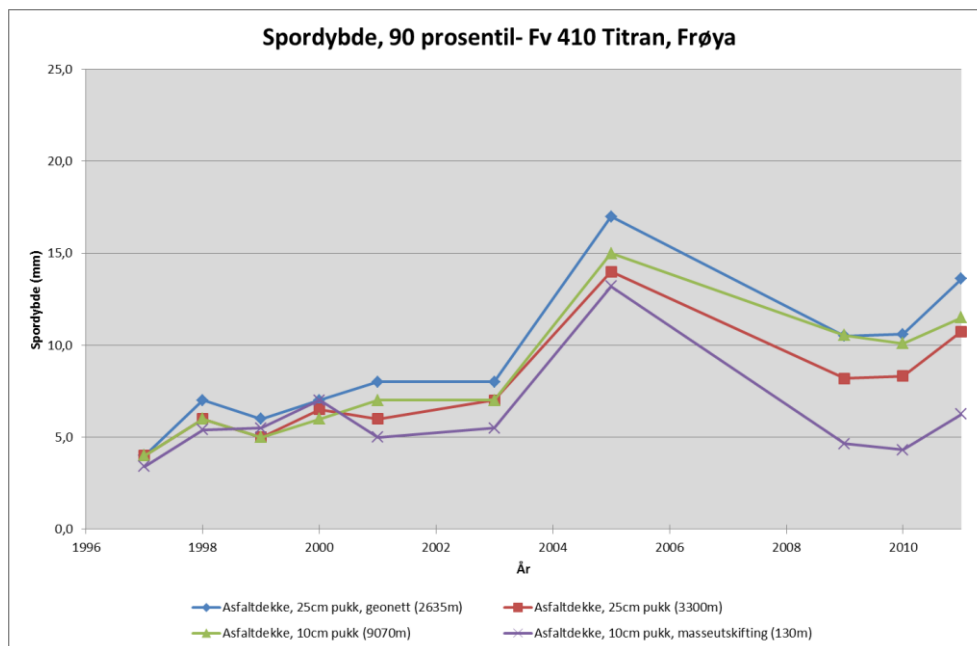
Bilde 43 Sporutvikling. Se Bilag 1 for resten av vegstrekningen, og en større versjon.

Utviklingen for 90 prosentilene og gjennomsnittsverdiene (se Bilde 44 og Bilag 2) fordelt over år, viser en noe større sporutvikling for strekninger der geonett er benyttet. For 90 prosentilen er det ca 3mm i forskjell (og for gjennomsnittsverdien er det noe over 1mm i forskjell) mellom overbygning med geonett og tilsvarende overbygning uten geonett (25cm puk). Man kan merke seg at kriteriet for spordybde (25mm, for 90 prosentilen) i Standard for drift og vedlikehold, Hb 111, ikke er nådd i 2011 for noen av overbygningstypene.

En lineær regresjon til kurvene i Bilde 44, viser at strekningen med geonett har likt stigningstall med tilsvarende overbygningstype uten geonett. Masseskifting kommer klart best ut. Hvis man ser bort fra dataene fra 2005 ligge målingene nær en lineær utvikling. Det har ikke blitt klargjort hva som skyldes økningen i spordybdene for 2005, men man kan merke seg at den relative forskjellen mellom overbygningstypene er relativt lik som de foregående årene. Målingene er utført i oktober, og man kan derfor

med all sannsynlighet se bort fra telehiv som en faktor. Under er stigningstallene listet opp, sammen med formlene.

Asfaltdekke 25cm pukk, geonett	0,5	$(y=0,5473x-1087,1)$
Asfaltdekke 25cm pukk	0,5	$(y=0,5175x-1028,6)$
Asfaltdekke 10cm pukk	0,4	$(y=0,3847x-763,06)$
Asfaltdekke 10cm pukk, masseutskifting	0,1	$(y=0,0658x-125,88)$



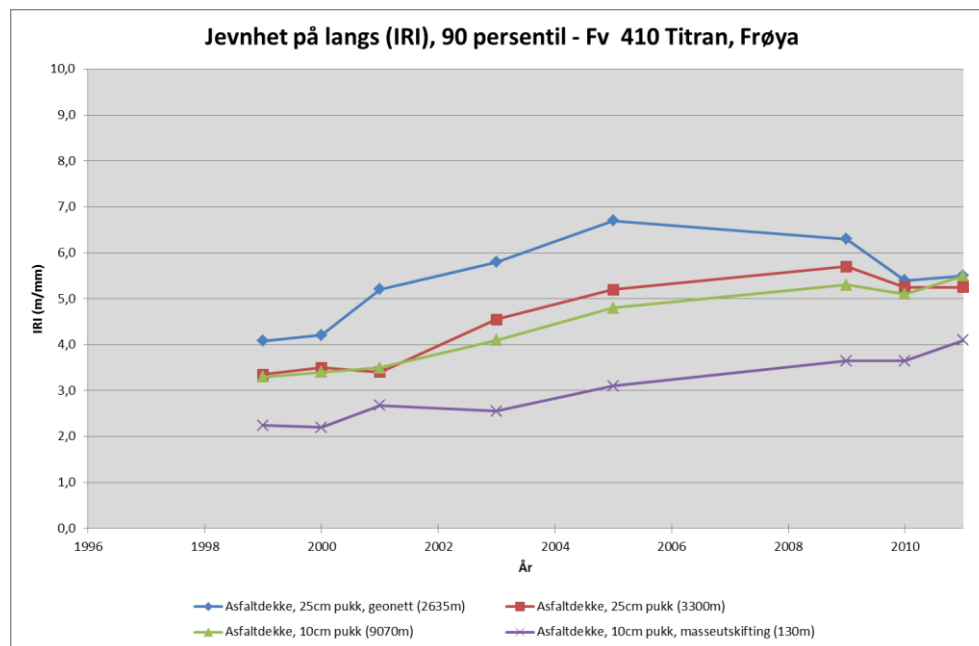
Bilde 44 Utviklingen for 90 prosentilene for spor. Se Bilag 2 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.

Selv om strekningene med geonett har noe mer spor enn de andre strekningene, øker ikke differansen mellom overbygningstypene nevneverdig de siste årene (bortsett fra masseutskifting). Heller ikke stigningstallene for regresjonen er nevneverdig forskjellig (hvis man ser bort fra masseutskifting). Når man tar hensyn til at geonett er lagt der de dårligste grunnforholdene var i utgangspunktet, er det grunnlag for å anta at geonett har hatt en stabiliserende effekt. Den klart beste overbygningstypen er «10cm pukk, masseutskifting». Dette er et forventet resultat, da dette er en velprøvd og god metode, men til en høyere kostnad.

I dette tilfelle vil kostnadene for en løsning uten geonett bli dyrere enn med geonett, ca 605kr/lm med geonett, og ca 855kr/lm uten geonett (FAKSDAL, Ivar, 2005). Dette er en økning på ca 41 % for en løsning uten geonett. «Eventuell masseutskifting ville blitt langt dyrere» (FAKSDAL, Ivar, 2005).

Utviklingen for langsgående jevnhet, IRI, viser mange av de samme tendensene som sporutviklingen, se Bilde 45 og Bilag 4. 90 prosentilen til IRI-verdiene holder seg under 7mm/m, som er satt som kriteriet i Hb111.

Toppunktet fra spormålingene i 2005 er også synlig for langsgående jevnhet, spesielt for strekninger med geonett. Strekningene med geonett har hatt den beste utviklingen siden 2005. Disse strekningene har hatt en klart synkende tendens, mens de andre har hatt en flat til økende tendens. Forskjellen i utvikling de siste årene gjør at alle strekningene, unntatt masseutskifting, ender opp med en nær identisk IRI-verdi for 2011. Siden strekningene med geonett har den største forbedringen de siste årene, kan det tyde på at geonettet har hatt en låsende effekt på de granulære materialene over tid.



Bilde 45 Utviklingen for 90 prosentilene for jevnhet på langs (IRI). ). Se Bilag 4 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.

### 6.4.3. Bæreevne målinger foretatt av SVV

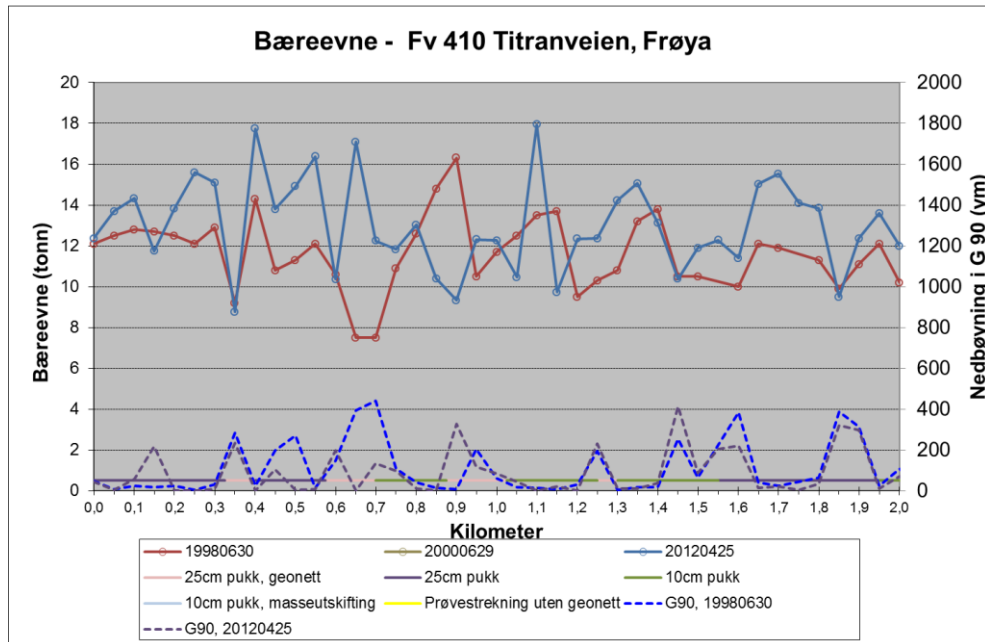
Det er foretatt målinger av bæreevnen for profilene 0 - 10000 i april 2012. Hele dette kapittelet vil derfor forholde seg til disse profilene.

Strekningbæreevnen for denne strekningen er beregnet til 7,6 tonn (BREMSETH, Ottar, 2012).

Strekningbæreevnen ligger ikke på det samme nivået som den tillatte aksellasten på 10 tonn. Dette fører til at man må forvente en del skader på vegdekket.

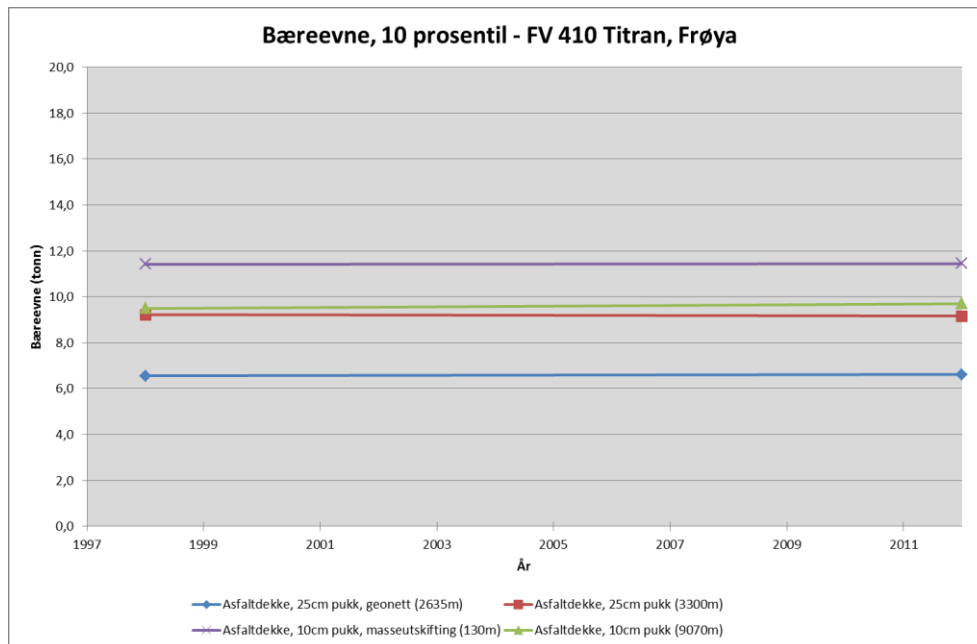
Nedbøyningsmålingene i G90 fra både 1998 og 2012 (se Bilde 46 for et eksempel og Bilag 5 for resten av vegstrekningen) viser at undergrunnen er meget bløt på store partier. (Mange målingene er over 200µm, og maksimumsverdien for 2012 er over 1000µm!)

Bæreevne målingene ble foretatt i juni i 1998, og i april i 2012. Det forventes at det er noe mindre vann i grunnen i juni, enn i april (selv om dette ikke alltid er tilfelle), og at bæreevne derfor bør være høyere i juni. G90 målingene viser ingen markant reduksjon i nedbøyningen der det ligger geonett (differanse 1998 til 2012) på detaljnivå, se Bilde 46.



Bilde 46 Bæreevne målinger. Se Bilag 5 for resten av vegstrekningen, samt større versjoner.

Bilde 47 viser utviklingen, 10 prosentil, i bæreevne over år. Det er imidlertid bare to målinger, og begge er etter at forsterkningstiltaket er utført. Det som imidlertid er klart, er at det for samtlige overbygningstyper er omtrent ingen endring i bæreevne over tid. Videre kommer det klart frem at strekningene med geonett har lavere bæreevne enn strekningene uten geonett. Dette samsvarer ikke helt med skadesituasjonen, kapittel 6.4.1, som viser at det er omtrent like mye skader på vegdekket, uavhengig om det er benyttet geonett eller ikke. Dette kan tyde på at bæreevne målingene ikke sier noe om effektene til geonettet.

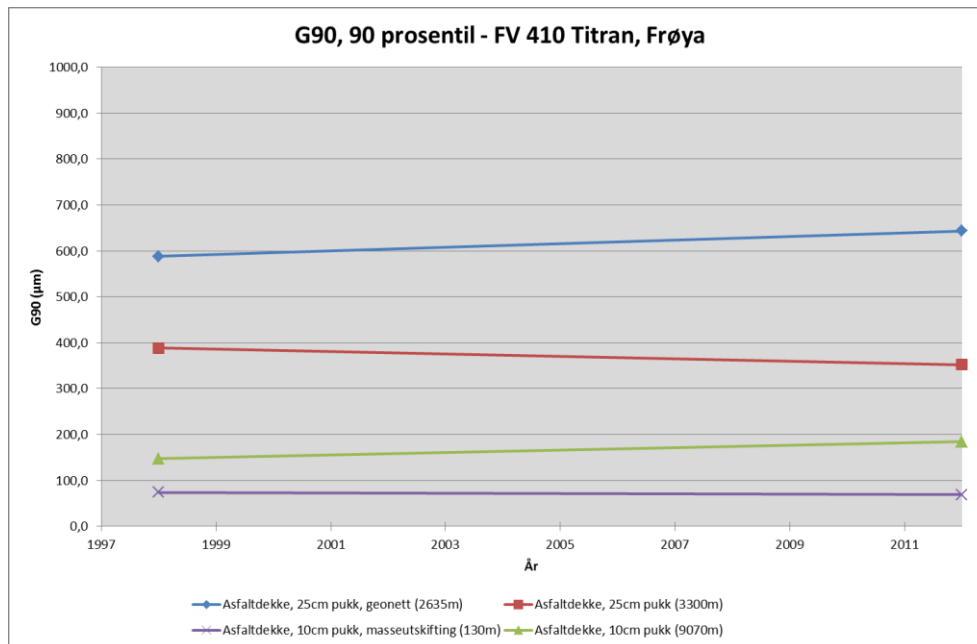


Bilde 47 Utvikling for bæreevnen, 10 prosentiler. Se Bilag 6 for større versjon.

G90 målingene i Bilde 48 viser de samme tendensene som 10 prosentilene for bæreevnen. Nok en gang kommer masseutskifting best ut, og strekningene med geonett dårligst ut. Det er også tydelig at strekningene med geonett har hatt en motsatt utvikling i forhold til overbygningstypen som liker mest («25 cm pukk»). Dette kan være på grunn av at geonett ligger på de dårligste grunnforholdene, og at disse er mer vannømfintlige. Dette kan gjenspeile at målingene for 2012 er utført i april, mens de i 1998 ble fortatt i juni.

Nedbøyningen for både «25cm pukk, geonett» og «25cm pukk» er store for begge målingene.

Det er vanskelig å si noe om tendenser når det bare er to målinger, men det ser ikke ut som om G90 målingene viser noen tydelige effekter av geonettet på denne vegstrekningen.



Bilde 48 Utvikling for G90, 90 prosentiler. Se Bilag 7 for større versjon.

#### 6.4.4. Oppsummering

For denne vegstrekningen er det relativt entydige data. Man skal likevel være klar over at det er ulik årstdøgntrafikk på strekningen. Spormålingene viser at strekningene uten geonett er jevnere enn med geonett, men stigningstallene for regresjonslinjene viser at utviklingen er mer eller mindre lik. IRI-verdiene viser også at strekninger uten geonett har minst ujevnheter, men her i enda mindre grad (2012). Strekninger med geonett har imidlertid den kraftigste forbedringen (IRI-verdi) de siste årene. Skadesituasjonen viser at det har vært en kraftig økning i antall skader, både med og uten geonett. Skadene fra 2003 er fortsatt gjeldende, og de har økt i utbredelse.

Bæreevne målingene (10 prosentilene) viser at bæreevnen i 2012 er meget lik som i 1998. Dette samsvarer ikke helt med skadesituasjonen, som viser at det er omtrent like stor økning i skader uavhengig av geonett eller ikke. En lik skadesituasjon, med ellers relativt like forhold, burde indikert en relativt lik bæreevne, uavhengig av overbygningstype. Det er dermed grunn til å anta, at man ikke kan antyde en effekt av geonettet ved hjelp av bæreevne målinger på denne strekningen.

Siden skadesituasjonen er lik for strekninger med og uten geonett (samtidig som at grunnforholdene er dårligere for strekninger med geonett), IRI-verdiene er like og sporutviklingen er omtrent lik, er det grunnlag for å anta at geonettet har hatt en stabiliserende effekt på overbygningen.

Da myra var for dyp var det heller ikke aktuelt med masseutskifting på de vanskeligste strekningene.

## 6.5. Fv 692 hp01 Korsvegen, Melhus



Bilde 49 Kart over plassering av Fv 692, Korsvegen, Melhus kommune. (NVDB, 2012)

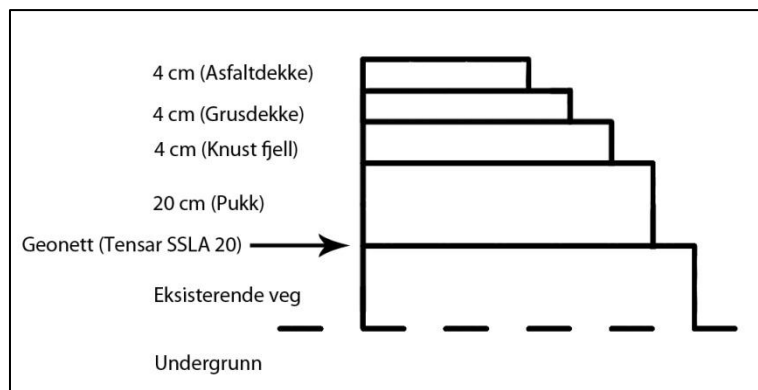
Fv 692 hp01 ligger i Melhus kommune, se Bilde 14 og Bilde 49. Forsterkningen er foretatt for profilene 6040 – 10560. Hele dette kapittelet vil derfor omhandle vegstrekningen mellom disse profilene. Dette er en relativt liten veg, med lite trafikk. Frem til 2004 var dette en grusveg, men da ble det lagt asfaltdekke på hele den aktuelle strekningen. Vegen er 4520 meter lang og ca 5,5 meter bred. Totalt er det lagt 2270 meter med geonett. Dette fører til at det er relativt likeverdige lengder med og uten geonett.

Tillatt aksellast er 10 tonn hele året. Før vegen ble utbedret i 1998 var tillatt aksellast 8 tonn om sommeren og 10 tonn om vinteren.

«Arbeid som ble utført med tilhørende mengder:

- Drenering
- Masseutskifting: 198 m<sup>3</sup>
- Fiberduk: 22000 m<sup>2</sup>
- Geonett: 12500 m<sup>2</sup> Tensar SSLA-20 (2270 m\* 5,5 m)
- Forsterkningslag: ca 4500 m<sup>3</sup> knust fjell (0-100 mm). Tykkelse 15 eller 20 cm
- Bærelag/avretting: ca 1800 m<sup>3</sup> knust fjell (0-32 mm)
- Grusdekke: ca 1300 m<sup>3</sup> grus (0-18 mm)
- Slitelag: 4 cm skumgrus (Sg) (93 kg/m<sup>2</sup>)» (FAKSDAL, Ivar, 2005)

«Av budsjettmessige grunner ble forsterkningen utført i 2 etapper. Første etappe fra profil 8510-10560 ble utført først fordi den hadde dårligst bæreevne. (...). Det var usikkert om eller når det skulle legges asfaltdekke på vegen. Derfor ble det lagt et grusdekke på forsterkningslaget. I 2004 ble det lagt et asfaltdekke i 4 cm tykkelse.» (FAKSDAL, Ivar, 2005).



Bilde 50 Overbygningen på strekninger med geonett.

Årsdøgntrafikken (ÅDT) på denne strekningen har vært noe synkende siden forsterkningstiltakene ble gjennomført.

ÅDT<sub>1998</sub>: 180 kjt/døgn

ÅDT<sub>2004</sub>: 115 kjt/døgn

ÅDT<sub>2010</sub>: 150 kjt/døgn

Andelen av tunge (lange) kjøretøy er 10%.

(NVDB, 2012)

Dette fører til en årlig trafikkvekst, for hele perioden, på minus 3%. Siden det ble lagt asfaltdekke i 2004, har det vært en årlig trafikkvekst på 4%. Den normale trafikkveksten som man regner med er på 2%. For skadeutviklingen må man legg trafikkveksten fra dekkeleggingen til grunn. Dette betyr at det kan forventes en noe verre skadeutvikling, enn det som er normalt for slike veger.

### 6.5.1. Gjennomgang av bilder og dekkeskader

Dekkeskadene er registrert etter bilder fra 2011, dette er også grunnlaget for skaderegistreringen (NVDB). Asfaltdekket ble lagt i 2004, og grunnlaget for skadeutviklingen er dermed ikke mer enn sju år. Det er ikke blitt registrert noen skader med karakter H. Andelen skader er likt fordelt på karakterene L og M. Det er registrert 22, 23 og 0 (L, M, H) sammenhengende skader. Dette betyr at mange av skadene ikke er spesielt alvorlige skader. Dette kan være på grunn av den relativt korte tidsperioden. Alle skadene er registrert som langsgående sprekker av forskjellig utbredelse, se Bilde 51 for et eksempel. Sprekkene er hovedsakelig lokalisert midt på vegoverflaten, men det er også enkelte skader ved skuldrene (det ses bort fra skader som er helt på kanten av asfaltdekket, dvs på skuldrene).





Bilde 51 Eksempel på langsgående sprekk midt i vegbanen. Profil 7493. (NVDB, 2012)

Andel av vegdekket som er skadet, se Bilag 8:

Ikke geonett: 13% av totalt 12375m<sup>2</sup>

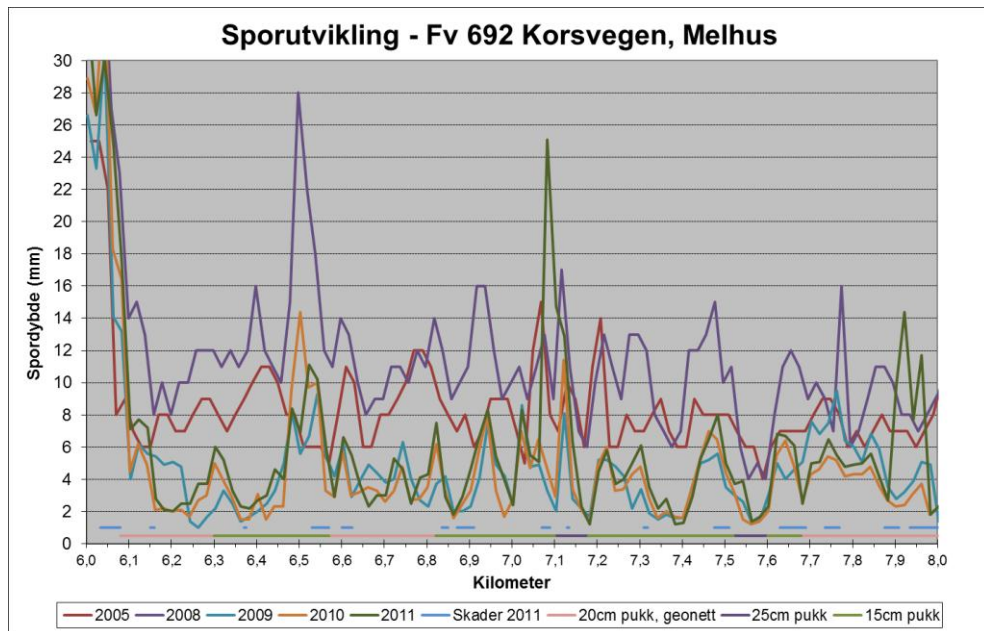
Geonett: 5% av totalt 12485m<sup>2</sup>

For denne vegstrekningen viser andelene av vegdekket som er skadet, at det er en relativt stor forskjell mellom der det er geonett og der det ikke er geonett (8 prosentpoeng).

I 2005 ble det ikke registrert skader i vegdekket, da det på dette tidspunktet var grusdekke. Det er vanskelig å trekke noen konklusjon om skadeutviklingen på strekningen, på grunn av at det ikke er foretatt en tilsvarende kontroll før, samt den korte tiden asfaltdekket har ligget. Det som er klart er at det er mindre skader på strekninger med geonett enn uten geonett. Dette selv om grunnforholdene er dårligere i utgangspunktet der det ligger geonett.

### 6.5.2. Utvikling av jevnhet (Spor og IRI)

Utviklingen av jevnheten er vanskelig å tolke. Spesielt sporutviklingen er høyst variabel. For 2011-dataene er det spordybder fra 1,1mm til 33,6mm. Dataene er i tillegg veldig uregelmessige, se Bilde 52 og Bilag 1.

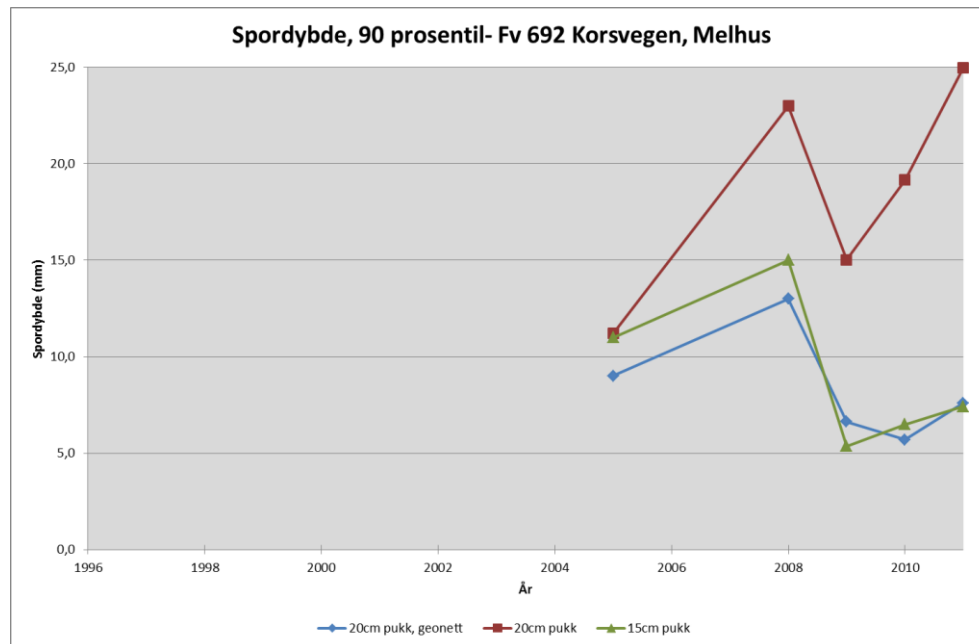


Bilde 52 Sporutvikling. Se Bilag 1 for resten av vegstreknungen, og en større versjon.

Utviklingen for 90 prosentilene og gjennomsnittsverdiene (se Bilde 53 og Bilag 2) fordelt over år, viser at spordybden er minst der grunnforholdene var best og verst i utgangspunktet. Det vil si der det er lagt 15cm puk, og der det ligger 20cm puk i tillegg til geonett. For 90 prosentilen og gjennomsnittsverdien er det nær identiske spordybder for disse to overbygningstypene, henholdsvis 0,1mm og 0,2mm i forskjell (2011). Overbygningstypen som skiller seg ut er der det er lagt 20cm puk. Her er 90 prosentilen for spordybden helt oppe i 25mm (2011) allerede etter sju år. Man kan også merke seg at trenden for denne overbygningstypen er kraftig stigende. Kriteriet for spordybde (25mm, for 90 prosentilen) i Standard for drift og vedlikehold, Hb 111, er dermed nådd (2011) for denne av overbygningstypene.

Det er ukjent hvorfor det er en kraftig reduksjon i spordybder mellom 2008 og 2009. Utslaget er synlig i både 90 prosentilene og i gjennomsnittsverdiene, men det er klart størst for 90 prosentilene. I følge de tilgjengelige dataene har det ikke vært foretatt reasfaltering i dette tidsrommet (NVDB, 2012). Det er mulig at det er beregningsmetodene som gir et slikt stort utslag. I 2008 ble det benyttet «bjelkemethoden», mens det fra og med 2009 er benyttet en kombinasjon av «snormethoden» og «krumholtmethoden» (NVDB, 2012). Målingene er foretatt i september (2008) og november (2009). Det kan også være naturlige variasjoner.

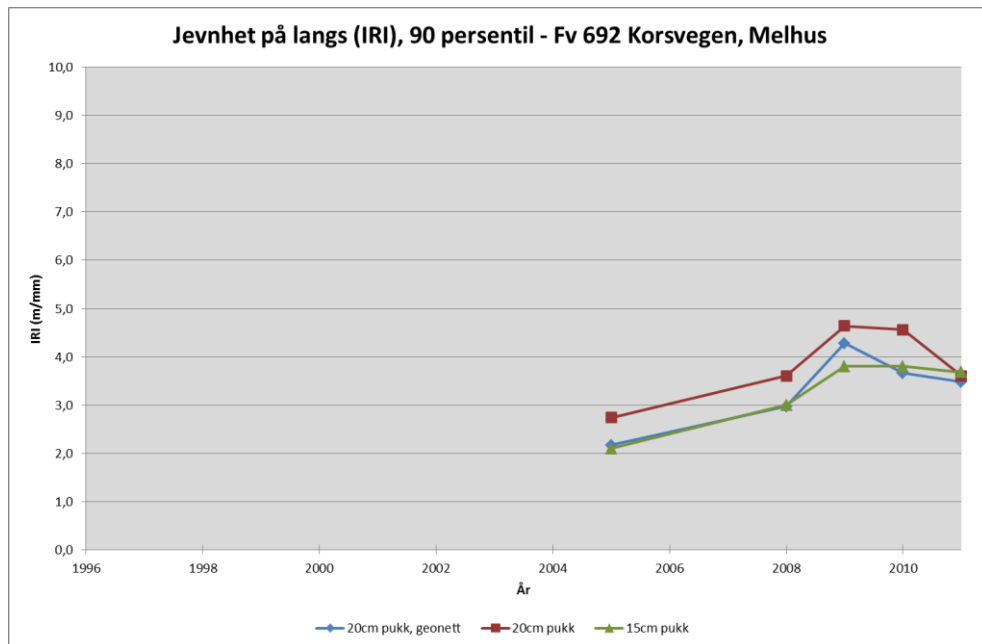
En lineær regresjon til kurvene i Bilde 53 er ikke foretatt på grunn av det nevnte utslaget i dataene, i tillegg til at datagrunnlaget er lite.



Bilde 53 Utviklingen for 90 prosentilene for spor. Se Bilag 2 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.

I dette tilfelle vil kostnadene for en løsning uten geonett bli dyrere enn med geonett, ca 515kr/lm med geonett, og ca 720kr/lm uten geonett (FAKSDAL, Ivar, 2005). Dette er en økning på ca 41 % for en løsning uten geonett. «Eventuell masseutskifting ville blitt langt dyrere» (FAKSDAL, Ivar, 2005).

Utviklingen for langsgående jevnhet, IRI, viser noen av de samme tendensene som sporutviklingen, men ikke like klart, se Bilde 54 og Bilag 4. Verdiene for 90 prosentilene for 2011 er nær identiske (omtrent 3,5mm/m) for alle overbygningstypene. Gjennomsnittsverdiene viser en utvikling som likner mer på sporutviklingen. Her er overbygningstypen med 20cm puk betydelig verre enn de to andre. 90 prosentilen til IRI-verdiene holder seg under 7mm/m, som er satt som kriteriet i Hb111.



Bilde 54 Utviklingen for 90 prosentilene for jevnhet på langs (IRI). Se Bilag 4 for større versjon, samt graf over gjennomsnittsverdier.

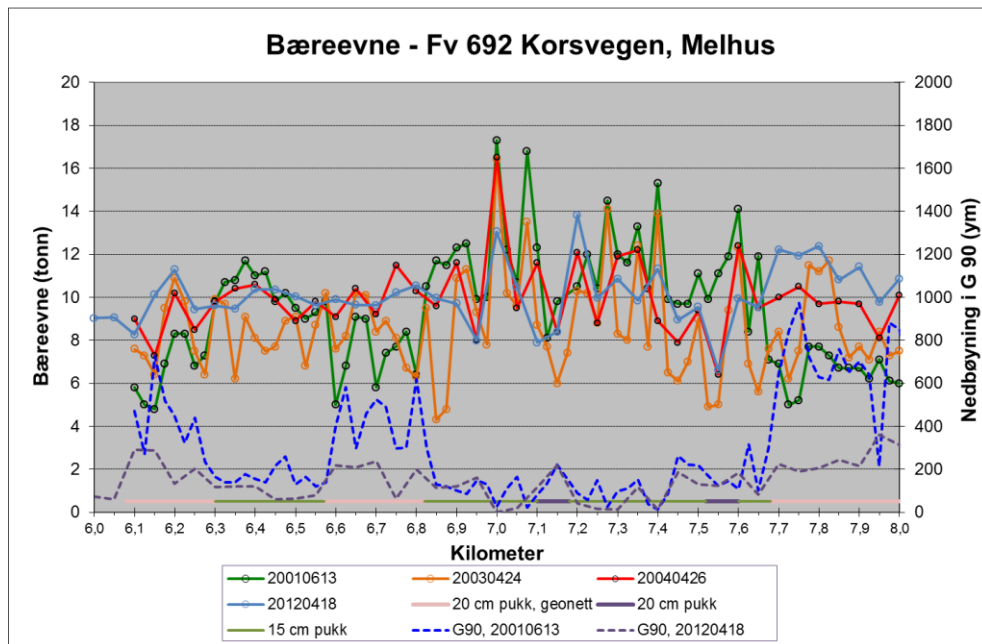
### 6.5.3. Bæreevnmålinger foretatt av SVV

Det er foretatt målinger av bæreevnen for profilene 6000 - 10500 i april 2012. Strekningsbæreevnen for denne strekningen er beregnet til 8,5 tonn (BREMSETH, Ottar, 2012).

Strekningsbæreevnen ligger ikke på det samme nivået som den tillatte aksellasten på 10 tonn. Dette fører til at man må forvente en del skader på vegdekket.

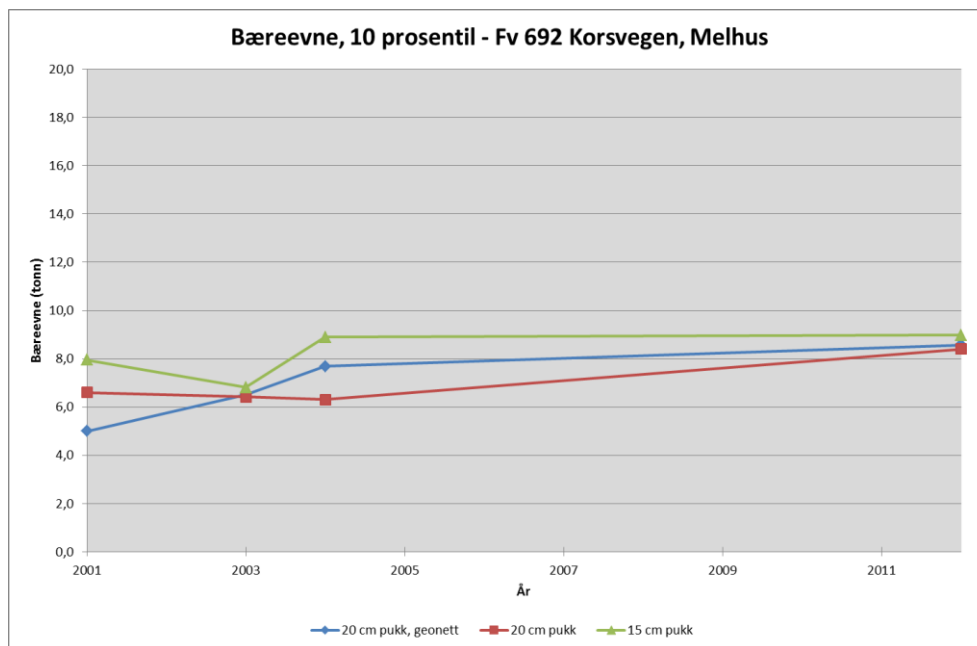
Nedbøyningsmålingene i G90 fra både 1998 og 2012 (se Bilde 55 for et eksempel og Bilag 5 for resten av vegstrekningen) viser at undergrunnen er meget bløt på store partier. (Mange målingene er over 200µm, og maksimumsverdien for 2012 er ca 390µm.)

Bæreevnmålingene ble foretatt i juni i 2001, og i april i 2012. Det forventes at det er noe mindre vann i grunnen i juni, enn i april (selv om dette ikke alltid er tilfelle), og at bæreevne derfor bør være noe høyere i juni. Målingen i 2004 (20040426) er foretatt før asfaltlaget ble lagt over grusdekket, målingen fra 2012 er da, naturligvis, foretatt lenge etter dette tiltaket. Man må forvente høyere bæreevne etter at det er lagt et asfaltdekke over et grusdekke.

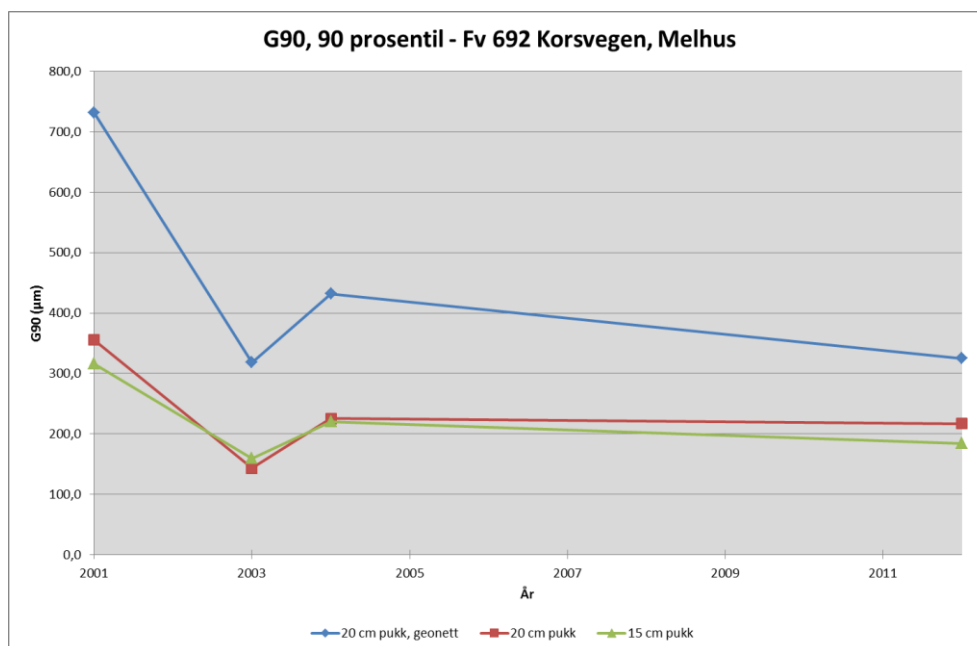


Bilde 55 Bæreevne målinger. 20040426 er foretatt før det ble lagt et lag med asfalt over grusdekket. 20120418 er foretatt lenge etter tiltaket. Se Bilag 5 for resten av vegstrekningen, samt større versjoner.

G90 målingene viser en markant reduksjon i nedbøyningen der det ligger geonett, både for gjennomsnittsverdiene og for 90 prosentilene (se Bilde 57 og Bilag 7). Bilde 56 viser at utviklingen for bæreevnen (10 prosentilene) har den samme tendensen. Strekningene med geonett har hatt en kraftigere økning i bæreevne enn de andre strekningene. Her må man huske på at det er lagt nytt asfalt dekke i 2004, dette bør påvirke bæreevnen for vegen. For strekningene med 20cm pukk ser man en slik økning, også for strekninger med geonett er det en økning. Denne økningen er imidlertid mindre. Siden G90 målingene gir et uttrykk for hvordan grunnen oppfører seg lengre ned i konstruksjonen, ser vi ikke den samme forbedringen for strekningene med 20cm pukk etter asfalteringen. Her ser vi derimot en fortsatt forbedring for strekninger med geonett. Det antas at dette er på grunn av en forkiling av steinmaterialene i geonettet, og ikke på grunn av asfaltlaget. 90 prosentilen for nedbøyningen (G90-verdien) er fortsatt høy for strekningene med geonett.



Bilde 56 Utvikling for bæreevnen, 10 prosentiler. Se Bilag 6 for større versjon.



Bilde 57 Utvikling for G90-verdiene, 90 prosentiler. Se Bilag 7 for større versjon.

#### 6.5.4. Oppsummering

For denne vegstrekningen er det relativt entydige data. Man skal likevel legge vekt på at asfaltdekket ble lagt så sent som i 2004. Både spormålingene og IRI-verdiene viser at strekningene med geonett, er like jevne som strekningene som har best grunnforhold. Spesielt spormålingene viser at strekningene med 20cm pukk, men uten geonett, er betydelig dårligere enn med geonett. Selv om det ble ansett at disse strekningene hadde bedre grunnforhold enn der det ble lagt geonett.

Skadesituasjonen viser at strekninger med geonett har mindre skader, enn strekninger uten geonett.

Bæreevnemålingene og G90-verdiene viser at strekninger med geonett har hatt en bedre utvikling, enn strekninger uten geonett. Bæreevnen i 2012 er «lik» for alle overbygningstyper. Det er også interessant å merke seg at selv om strekninger med geonett har dårligere undergrunn (G90-verdi) har de mindre skader. Dette kan tyde på geonettet har jevnet ut spenningene og tøyningene som er oppstått i overbygningene.

Det er dermed grunn til å anta at man kan antyde en effekt av geonett ved hjelp av bæreevnemålinger på denne strekningen.

Siden skadesituasjonen er bedre for strekninger med geonett, IRI-verdiene og sporutviklingen for strekninger med geonett er like bra som den beste uten geonett (samtidig som at undergrunnen er dårligere for strekninger med geonett), er det grunnlag for å anta at geonettet har hatt en stabiliserende effekt på overbygningen.



## 6.6. Fv 774 hp01 Sjetnan, Skaun



Bilde 58 Kart over plassering av Fv 774, Sjetnan, Skaun kommune. (NVDB, 2012)

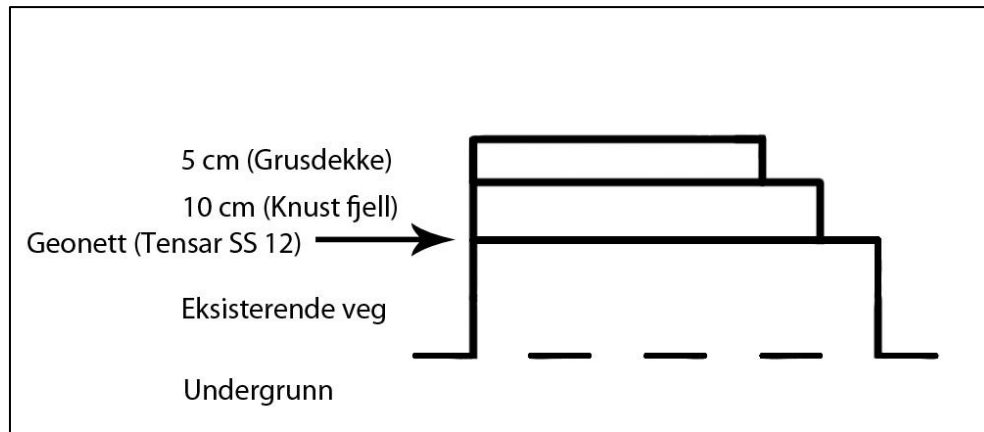
Fv 774 hp01 ligger i Skaun kommune, se Bilde 14 og Bilde 58. Forsterkningen er foretatt for profilene 0 – 1500. Hele dette kapittelet vil derfor omhandle vegstrekningen mellom disse profilene. Dette er en relativt liten veg, med lite trafikk. Hele denne vegstrekningen er en grusveg. Vegstrekningen som er forsterket er 1500 meter lang, og ca 5 meter bred. Totalt er det lagt 865 meter med geonett. Dette fører til at det er relativt likeverdige lengder med og uten geonett.

Tillatt aksellast er 8 tonn om sommeren og 10 tonn om vinteren. Før vegen ble utbedret i 1998 var tillatt aksellast den samme.

«Arbeid som ble utført med tilhørende mengder:

- Grøfting: 1600 meter (til sammen på begge sider)
- Stikkrenner: 4 nye (24 m)
- Geonett: 4560 m<sup>2</sup> Tensar SS 12 (865 m)
- Bærelag: 700 m<sup>3</sup> knust fjell (0-32 mm). Tykkelse ca 10 cm
- Grusdekke: 350 m<sup>3</sup> knust fjell (0-18 mm). Tykkelse ca 5 cm» (FAKSDAL, Ivar, 2005)





Bilde 59 Overbygningen på strekninger med geonett.

Årsdøgntrafikken (ÅDT) på denne strekningen har vært jevnt stigende siden forsterkningstiltakene ble gjennomført.

ÅDT<sub>1998</sub>: 170 kjt/døgn

ÅDT<sub>2004</sub>: 206 kjt/døgn

ÅDT<sub>2010</sub>: 250 kjt/døgn

Andelen av tunge (lange) kjøretøy er 10%.

(NVDB, 2012)

Dette fører til en årlig trafikkvekst på 3%. Denne trafikkveksten er lik for hele perioden, og for perioden fra forrige rapport, (FAKSDAL, Ivar, 2005). Den normale trafikkveksten som man regner med er på 2%. Dette betyr at det kan forventes en relativt normal skadeutvikling for denne vegen.

### 6.6.1. Gjennomgang av bilder og dekkeskader

Registreringen av skader på denne vegen kan ikke følge samme mønster som de andre vegene, på grunn av at dette er en grusveg. Skadekatalogen, Hb 193, gjelder kun for bituminøse dekker. Det er også vanskelig å skille på vegbildene om en skade er forårsaket av mekanismer i vegoverbygningen, eller om det kun er vann som har rent i vegbanen. Skadene er like alvorlige for kjøretøyene som trafikkerer vegen, men disse skadene er ikke påvirket av om det ligger geonett i vegkonstruksjonen.

Det er noen «sprekker» i vegbanen, men alle disse «sprekkene» er blitt vurdert til å være forårsaket av andre mekanismer enn svakheter i overbygningen (for eksempel rennende vann), se Bilde 60. Det er også to områder med vaskebrett. Det er ikke blitt registrert noen skader i vegbanen som med overveiende sannsynlighet kommer fra svakheter i vegoverbygningen.



Bilde 60 Eksempel på langsgående «sprekker» midt i vegbanen. Profil 412. (NVDB, 2012)

For denne vegen vil kostnadene for en løsning uten geonett blitt litt dyrere enn med geonett, ca 205kr/lm med geonett, og ca 215kr/lm uten geonett (FAKSDAL, Ivar, 2005). Dette er en økning på ca 5 % for en løsning uten geonett. «*Eventuell masseutskifting ville blitt langt dyrere*» (FAKSDAL, Ivar, 2005).

### 6.6.2. Utvikling av jevnhet (Spor og IRI)

På grunn av at dette er en grusveg er ikke disse dataene registrert.

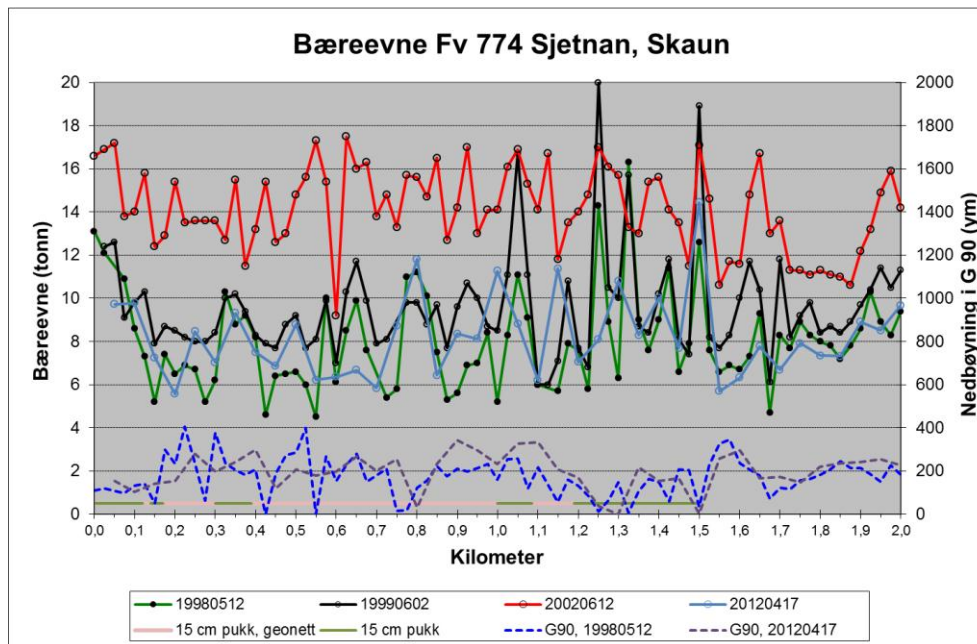
### 6.6.3. Bæreevnmålinger foretatt av SVV

Det er foretatt målinger av bæreevnen for profilene 0 – 2000 i april 2012. Strekningsbæreevnen for denne strekningen er beregnet til 6,2 tonn (BREMSETH, Ottar, 2012).

Strekningsbæreevnen ligger ikke på det samme nivået som den tillatte aksellasten på 8 tonn (10 tonn på vinter). Dette fører til at man må forvente en del skader på vegdekket.

Nedbøyningsmålingene i G90 fra både 1998 og 2012 (se Bilde 61 og Bilag 5) viser at undergrunnen er meget bløt på store partier. (Mange målingene er over 200µm, og maksimumsverdien for 2012 er ca 340µm.)

Bæreevnmålingene har blitt foretatt i juni, og i april. Det forventes at det er noe mindre vann i grunnen i juni, enn i april (selv om dette ikke alltid er tilfelle), og at bæreevne derfor bør være noe høyere i juni. Den ene målingen i 1998 (mai) er foretatt før forsterkningstiltakene.



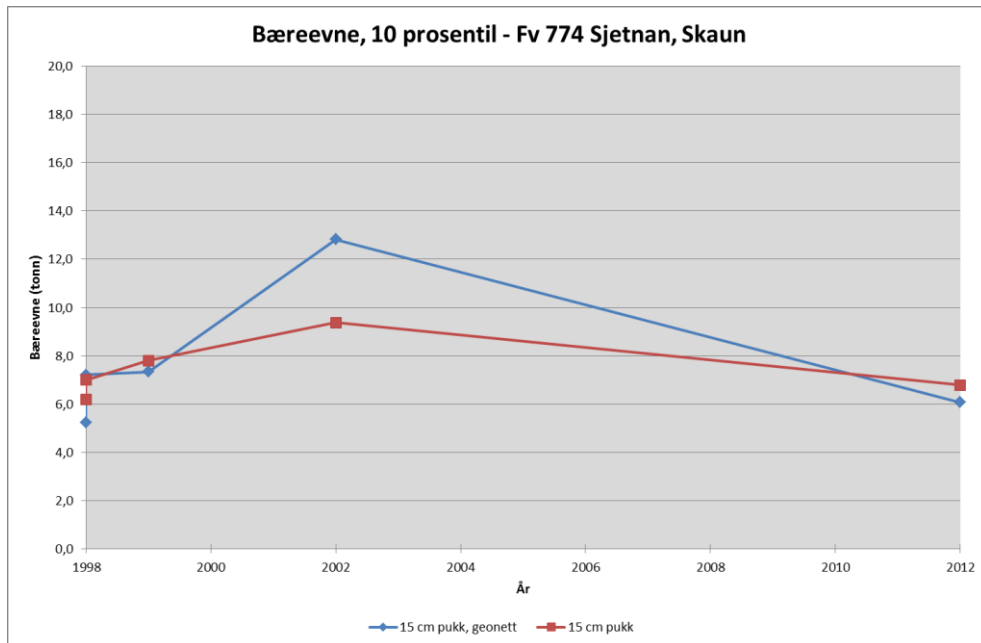
Bilde 61 Bæreevнемålinger. 19980512 er foretatt før forsterkningstiltakene. Se Bilag 5 for større versjon.

Hverken G90- eller bæreevнемålingene viser en markant endring der det ligger geonett (se Bilde 61 og Bilag 5). For strekningene med geonett, viser målingene for 2012 at nedbøyningen ligger på omtrent det samme nivå som før forsterkningstiltakene.

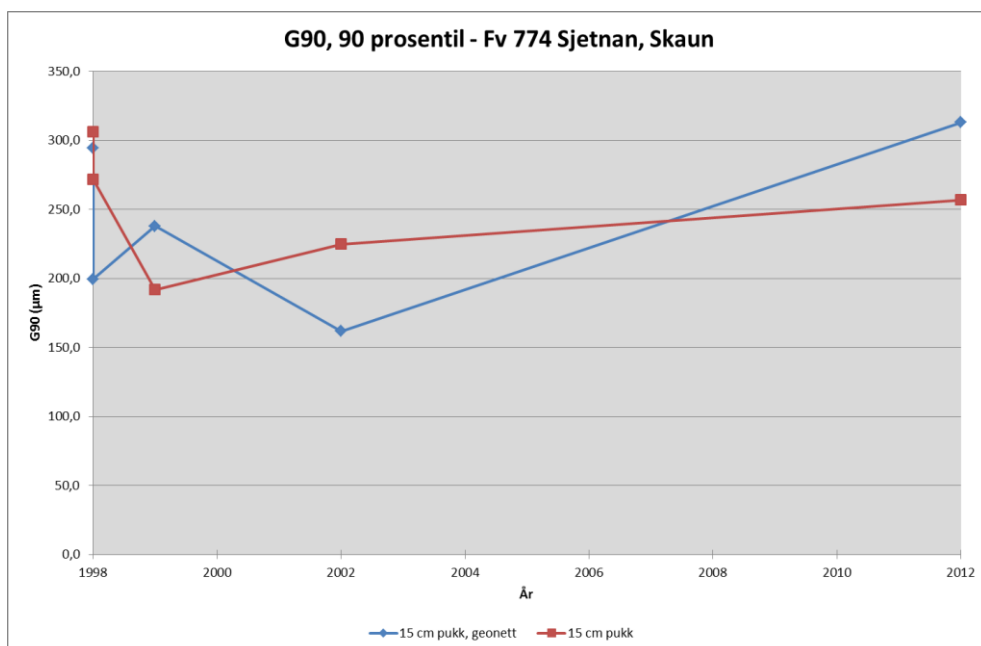
Bilde 62 viser at utviklingen for bæreevnen (10 prosentilene) har en tendens som peker mot at strekninger med geonett har fått omtrent samme bæreevne som strekninger uten geonett. Bæreevnen er imidlertid den samme som før forsterkningstiltakene (for strekninger uten geonett), dette kan tyde på at det er ulikt vannnivå i grunnen under undersøkelsene. Dette samsvarer med at undersøkelsen fra 2012 er foretatt i april, og at sannsynligheten for mer vann i grunnen er høy. Hvorfor bæreevnen og G90 målingene fra 2002 er så gode (10/90 prosentiler) er usikkert, men det antas at det er på grunn av det nevnte vannivået. Man kan imidlertid merke seg at for bæreevnen kommer strekninger med geonett betydelig bedre ut enn strekninger uten geonett i 2002, mens de kommer noe dårligere ut i 2012. For G90 målingene (se Bilde 63) ser man den samme tendensen, bortsett fra at strekninger med geonett kommer betydelig dårligere ut i 2012. Dette kan ha med at geonett er lagt der grunnforholdene er verst, og at disse grunnforholdene dermed er mest ømfintlige for vann.

For denne vegstrekningen antyder bæreevnen (10 prosentilene, se Bilde 62) at slike målinger viser en effekt av å benytte geonett. Da strekninger med geonett har kommet opp til det samme nivået som strekninger uten geonett (1998 – 1999), og betydelig bedre enn dette i 2002. Dataene fra 2012 er ikke like tydelige men, som nevnt over, antas det at dette er på grunn av mer vann i grunnen. G90-verdiene viser noen av de samme tendensene, men disse er ikke like tydelige. Spesielt på grunn av at G90-verdiene viser en større nedbøyning der det ikke er geonett før forsterkningstiltakene, gjør at

dataene blir vanskelig å tolke. Det kan imidlertid legges merke til at den «umiddelbare» effekten (to målinger i 1998) er betydelig større for strekninger med geonett. Dette kan være på grunn av det omtalte vannivået i grunnen (mai/oktober). Det antas at den relative forskjellen mellom målingene er relativt konstant, og at man dermed kan se en effekt med geonett ved hjelp av G90 målinger. Dataene varierer også for mye til å si noe om trender for denne vegstrekningen, basert på G90 målingene.



Bilde 62 Utvikling for bæreevnen, 10 prosentiler. Se Bilag 6 for større versjon.



Bilde 63 Utvikling for G90-verdiene, 90 prosentiler. Se Bilag 7 for større versjon.

#### 6.6.4. Oppsummering

For denne vegstrekningen er det ikke så mye data. Hverken Spor- eller IRI-målinger gjør at det er vanskelig å si noe om tendensene over flere år. Bæreevne- og G90-målinger er utført, men tidsintervallet mellom målingene og spesielt differansen mellom målingene i 2002 og 2012, gjør det vanskelig å si noe om tendensene.

Siden dette er en grusveg er det vanskelig å definere klare dekkeskader som er relatert til oppbygningen av vegen. Det er funnet skader i vegdekket, men disse er det mest sannsynlig er forårsaket av rennende vann. Skadesituasjonen sier dermed ikke noe om hvordan strekninger med geonett er i forhold til strekninger uten geonett.

Frem til 2002 viser både bæreevнемålingene og G90-verdiene at strekninger med geonett har hatt en større forbedring, enn strekninger uten geonett. Dette stemmer ikke med målingene for 2012, og det er dermed vanskelig å si noe om langtidseffekten basert på disse målingene. Det er antatt at målingene i 2012 er lavere på grunn av vannivået i grunnen.

Frem til 2002 ser det ut som om bæreevнемålingene viser en effekt av geonett, da disse strekningene har en større forbedring enn strekningene uten geonett. Det er ikke grunnlag for å anta at G90-målingene viser den samme effekten. G90-målingene viser imidlertid en kraftig forbedring før/etter forsterkningstiltakene, og slik sett viser disse målingene en effekt. G90-målingene (90 prosentilene) varierer for mye til å si noe om trenden for disse.

For alle målingene sett under ett, er det ikke grunnlag for å påstå at geonett har hatt en stabiliserende effekt på overbygningen for denne vegstrekningen. Det er heller ikke mulig å påstå at geonett ikke har hatt effekt. Variasjonen i datagrunnlaget er for stort. Dette er motsatt av rapporten fra 2005 (FAKSDAL, Ivar, 2005), som hadde motsatt konklusjon. Det må presiseres at det er på grunn av variasjonen i målingene fra 2002 til 2012, som fører til ulikheten i konklusjonene.

## 6.7. Oppsummering av alle vegstrekingene

For å få et best mulig innblikk i hvordan strekningene med geonett oppfører seg i forhold til strekningene uten geonett, er det i forbindelse med dette kapittelet laget noen tabeller som samler informasjonen fra de foregående kapitlene. Formålet med dette er å få et mest mulig generelt og nøytralt syn på effektene til geonett.

I dette kapittelet er det dataene fra 2010/2011 som er lagt til grunn. Dette gjelder både data fra NVDB og skaderegistreringen fra bilder.

Andelen av skadet areal er gjengitt i Tabell 7. Dette viser at det gjennomsnittlige skadede arealet er større der det ikke er geonett. «*Hellandsjø*» trekker gjennomsnittsverdien betydelig opp for strekningene uten geonett. (Selv om man tar denne vegstrekingen ut av beregningene, er strekningene med geonett marginalt bedre enn de uten geonett, 0,14 mot 0,13.)

Tabell 7 Andel skadet areal. Fordelt på vegstrekingene. (Andeler er beregnet som beskrevet i kapittel 6.)

	Andel skadet areal	
	ikke geonett	geonett
Heimsjø	0,10	0,14
Våvatnet	0,06	0,04
Hellandsjø	0,46	0,06
Titran	0,25	0,28
Korsvegen	0,13	0,05
ALLE (snitt)	0,20	0,11

I Tabell 8 er det den gjennomsnittlige utbredelsen og omfanget til skadene vist. For å beregne den gjennomsnittlige verdien til omfanget er karakterene gitt verdier på L=1, M=2 og H=3. Gjennomsnittlig har skader på stekninger med geonett mindre utbredelse, i tillegg til at de er mindre alvorlig.

Man skal være oppmerksom på at det er stor variasjon i antall datapunkter som gir en gitt gjennomsnittsverdi. Man skal også være klar over at det er en stor grad av manuelt arbeid bak analysen av skadene (registrert fra vegbilder). Dette fører til at man kan få skjevheter i dataene. Det antas likevel at dataene er gyldige, på grunn av at det totale antallet datapunkter er relativt stort, og at variasjonene dermed går «begge veger».

Tabell 8 Gjennomsnittlige verdier for utbredelse og omfang. Fordelt på vegstrekningene.

	Gjennomsnittlig			
	utbredelse (1-3)		omfang (l=1, m=2, h=3)	
	ikke geonett	geonett	ikke geonett	geonett
heimsjø	1,50	1,30	2,00	1,90
våvatnet	1,37	1,33	1,73	2,00
hellandsjø	1,71	1,00	3,00	2,00
titran	1,63	1,71	2,16	1,86
korsvegen	1,21	1,00	1,75	1,38
ALLE (snitt)	1,48	1,27	2,13	1,83

En oppsummering av kapitlene 6.1 til 6.6 er gitt i Tabell 9. Dette er kvalitative vurderinger basert på dataene og vurderingene gitt i kapittel 6. Alle vurderingene er basert på 90/10 prosentilene, på grunn av at dette ofte blir satt som grenseverdi for et tiltak. Gjennomsnittsverdiene gir stort sett det samme hovedinntrykket. Vurderingene er «summert» både horisontalt og vertikalt. Dette gir dermed en aggregert «karakter» for enkeltstrekningene, og for enkeltkriteriet. Tilslutt (nederst til høyre) blir det dermed en «sluttkarakter» for om geonett har fungert som forventet eller ikke.

For to av vegstrekningene kommer det frem av den aggregerte «karakteren», at strekninger med geonett ikke yter like bra som strekningene med geonett. For de resterende fire vegstrekningene er resultatet motsatt, og strekningene med geonett yter dermed bedre eller likt med de strekningene som ikke har geonett.

For enkeltkriteriene i Tabell 9, er det kun de to kriteriene som ser på «absolutte verdier» i forhold til nedbøyningsmålinger, at strekninger med geonett yter verre enn strekninger uten geonett. Dette er «*bæreevne ("i forhold til de andre overbygningene")*» og «*G90 ("i forhold til de andre overbygningene")*». Det er ikke overraskende at strekningene med geonett yter dårligere på disse kriteriene, på grunn av at geonett er blitt lagt der nettopp på grunn av dårlige grunnforhold. Det er også betydelig tvil i fagmiljøet om hvor sikkert slike falloddsmålinger viser den «riktige» effekten av geonett, for eksempel (THODESEN, Carl Christian, 2012 (A)). Det kan merkes at kriteriene som ser på bæreevnen og G90-verdien før/etter tiltaket, i all hovedsak viser et betydelig bedre resultat (for strekninger med geonett) etter tiltaket. Forbedringen er stort sett lik eller bedre enn for strekninger uten geonett (bortsett fra masseutskifting). For de fleste vegstrekningene viser disse verdiene seg å enten flate ut, eller å fortsette å forbedre seg. For de resterende kriteriene, er den aggregerte «karakteren» (ytelsen) lik eller bedre for strekninger med geonett.

Konklusjonen fra Tabell 9 er at strekningene med geonett i all hovedsak yter like bra, eller bedre, enn strekninger uten geonett. Dette selv om undergrunnen er dårlig, og bærelagets tykkelse er redusert med en faktor på mellom 1,25 og 2 (FAKSDAL, Ivar, 2005).

Siden ytelsen til strekninger med geonett er like gode som strekninger uten geonett, kan det antas at dekkelevetiden også er tilsvarende.

Der masseutskifting er benyttet, er resultatene i alle de undersøkte tilfellene, at dette har bedre ytelse enn alle andre overbygningstyper. Dette er ikke overraskende da man bytter ut de dårlige massene, med gode masser. Dette er også et velprøvd tiltak. Utfordringene med denne metoden, er kostnadene (FAKSDAL, Ivar, 2005). Det er klart at ved store dybder kan kostnadene bli enorme ved masseutskifting. Masseutskifting krever også store masseressurser.

Sett i lys av at strekninger med geonett har en mindre andel skadet areal, skadene har i gjennomsnitt mindre utbredelse og alvorlighet, i tillegg til at den kvalitative vurderingen er positiv for slike strekninger, må konklusjonen av «NVDB-analyse av vegstrekninger» bli at løsningen med geonett yter minst like bra som de andre overbygningstypene (hvis man ser bort fra masseutskifting).

Det må presiseres at løsningene med geonett ikke er generelle, men at de må spesialtilpasses til hvert enkelt tilfelle.

Siden løsningene med geonett ikke er fullgode med masseutskifting (i følge kapittel 6), kan ikke løsningene med geonett ses på som en løsning som skal erstatte masseutskifting der det er spesielle krav til ytelse. Når det er nok at ytelsen er på nivå med vegstrekningene før og etter, yter overbygningene med geonett omtrent på samme nivå som tradisjonelle overbygninger over tid. I denne sammenhengen vil det si strekningene uten geonett.



Tabell 9 En kvalitativ vurdering av forskjellige parametere. En oppsummering av kapittel 6.

En kvalitativ vurdering av forskjellige parametere (Eksempel: Strekninger med geonett er <u>bedre</u> enn andre strekninger)										
	skader	spor	IRI	bæreevne ("i forhold til de andre overbygningene")	bæreevne (geonett, før/etter tiltak)	G90 ("i forhold til de andre overbygningene")	G90 (geonett, før/etter tiltak)	økonomi	trafikkvekst i forhold til 2% (hele perioden/ siste periode)	totalt
<b>Heimsjø</b>	verre (4 prosentpoeng)	betydelig verre	lik	-	-	-	-	lik	over/ over	verre
<b>Våvatnet</b>	noe bedre (2 prosentpoeng)	bedre	lik	verre	mye bedre	verre	mye bedre	bedre	lik/lik	bedre
<b>Heilandsjø</b>	betydelig bedre (40 prosentpoeng)	bedre	noe bedre	bedre	mye bedre	verre	mye bedre	bedre	mindre/ over	mye bedre
<b>Titran</b>	noe verre (3 prosentpoeng)	verre, men lik utvikling de siste årene	verre, men bedre utvikling de siste årene	verre	lik	verre	verre	bedre	over/ lik	noe verre
<b>Korsvegen</b>	bedre (8 prosentpoeng)	bedre	lik	lik	bedre	verre	bedre	bedre	mindre/ over	bedre
<b>Sjetnan</b>	-	-	-	verre	bedre	verre	bedre	bedre	over/ over	bedre
<b>ALLE</b>	bedre	bedre	lik	verre	bedre	verre	bedre	bedre	over/ over	<b>bedre</b>



## 7. TOTALINNTRYKK AV GEONETT

Det er flere grunner til at det er et ønske om å benytte geonett i en vegkonstruksjon. Dette kan være et ønske om å unngå masseutskifting, bedre økonomien i et prosjekt, unngå breddeutvidelser eller andre grunner. Det er uenigheter i miljøene om hvor effektivt geonett er for å nå disse ønskene. Der det er størst enighet, er for strekninger med spesielt bløte grunnforhold.

Forskningsresultatene viser at geonett har effekt, og at desto dårligere undergrunnen er, desto større effekt har geonettet. Resultatene viser også at geonett har effekt ned til omtrent 0,6 meter under topp dekke (ett lag med geonett). Dette fører til at det hovedsakelig er overbygninger som er tilpasset liten årsdøgntrafikk, som er aktuelle for geonett. Flere forskningsrapporter, viser også at man kan redusere overbygningstykkelsene ved hjelp av geonett.

Sett i lys av forsterkning av eksisterende veger, er erfaringene fra Ringeby kommune positive. Erfaringene fra andre land (så langt denne oppgaven har kunnet fastslå) er også positive.

Statens Vegvesen er mer reserverte. Det er spesielt ideen om å redusere lagtykkelsene i overbygningen, som de er skeptiske til. I tillegg til at de er reserverte mot å bruke et «unaturlig» materiale i overbygningen. Fra et miljøperspektiv er ikke dette en unaturlig tankegang, men det er flere argumenter for at det i enkelte prosjekter kan være mer miljøvennlig å benytte geonett. Faktumet at det er kaldt i Norge på vinteren, gjør at argumentet om frostsikring av vegene er aktuelt. Reduserte lagtykkelser kan muligens føre til mer telehiv på vegene. Det er også naturlig å være skeptisk, på grunn av at det er tvil rundt hvordan teorien rundt geonett fungerer i praksis.

I forbindelse med arbeidet med denne oppgaven, er utviklingen for seks fylkesveger undersøkt. Strekningene er hovedsakelig forsterket med geonett, de har lav ÅDT og flere strekninger har meget bløt undergrunn. Det er sett på spor, IRI, bæreevne og G90-verdier, i tillegg til en undersøkelse av skadeomfanget (via vegbildene til Statens Vegvesen).

Undersøkelsene viser at strekninger med geonett, total sett, har like bra, eller bedre resultater som strekninger uten geonett. Dette selv om initialforholdene var verre og lagtykkelsene reduserte for strekningene med geonett. Aggregerte resultater viser at både skadenes utbredelse og alvorlighet er mindre der det ligger geonett.

Både bæreevnen og G90-verdiene antyder at det har vært en låsende effekt over tid i geonett. Generelt har bæreevnen til strekninger med geonett økt mer, enn for strekninger uten geonett. Tilsvarende har G90-verdiene sunket mer for strekninger med geonett. For G90-verdiene er det noe usikkert hvorfor disse har vist en slik effekt. G90-verdiene viser i hovedsak hvordan forholdene er relativt dypt i konstruksjonen, og siden geonettet ligger relativt høyt i de undersøkte vegstrekningene er dette overraskende.

Det er naturligvis flere områder der det er et potensiale for feil. I litteraturstudiet er det en mulighet for at rapportene som er undersøkt ikke er så troverdige som de gir uttrykk for. Hva som ligger i bakgrunnen for disse rapportene er det ikke mulig å vite sikkert. Videre er det et potensiale for andre feil i disse rapportene. Rapportene er skrevet på anerkjente universiteter og forskningsinstitusjoner. Flere av rapportene er også referert i andre studier.

Erfaringene som er gjengitt er i all hovedsak basert på personer, og man må derfor ta høyde for at det kan være personlige ønsker/ kjepphester som kommer til syne. Disse erfaringene må derfor kun ses på som eksempler, og ikke som fasiter.

NVDB-analysen av vegstrekningene gir på ingen måte absolutte svar. Ingen av de undersøkte vegstrekningene er bygget som forsøksstrekninger. De er bygget som vanlige veger som på best mulig måte skal løse de tekniske problemene som er der. Dette fører dermed til at det ikke er mulig å sammenlikne vegstrekningene direkte. Det er ulike overbygninger, grunnforhold, dreneringsforhold, trafikkmengder og så videre. Med andre ord må man sammenlikne de armerte strekningene med strekningene før og etter. Her må man forutsett at de uarmerte strekningene er bygget med en «normalt god standard», og se hvordan de armerte strekningene er i forhold til dette. Man må også forutsette at dreneringsforholdene er omtrent like siden dette har mye å si for bæreevnen. Disse forutsetningene fører naturligvis til usikkerheter, da endringer i forutsetningene kan ha mye å si for sluttresultatet. Det er også mulig at utvalget av vegstrekninger som det ses på ikke er representativt for det totale utvalget.

## 8. KONKLUSJON

Selv om det er uenigheter i miljøet, peker erfaringene og resultatene i en relativt entydig retning.

For tynne overbygninger med dårlig undergrunn, viser resultatene at geonett har god effekt. Dataene og erfaringene antyder at det er mulig å redusere bærelagets tykkelse, samtidig som man opprettholder styrken til overbygningen.

For nye veger, på god undergrunn, er det imidlertid ikke mye som taler for å benytte geonett. Unntaket kan være for steder der det er dyrt å få tak i gode steinmaterialer. Der det er bløte undergrunnsmaterialer virker geonett som et godt geoteknisk tiltak, også for nye veger. Her kan det unngås at trauet bli kjørt i stykker i anleggsfasen.

Anleggsveger og grusveger er de opplagte eksemplene på steder der man kan benytte geonett, også som et element som tilfører styrke til konstruksjonen. Dette på grunn av at det tillates større deformasjoner på slike veger.

Som et forsterkningstiltak på eksisterende veger, virker geonett i bærelaget som en god løsning. Også med redusert bærelagstykkelse. Om dette er en god løsning med tanke på frostsikring, miljøhensyn, økonomi og annet må diskuteres i hvert enkelt prosjekt.

Sett i lys av at geonett virker best for tynne overbygninger på veger med liten ÅDT, virker forsterkning av mindre kommunale- og fylkesveger som gode kandidater for geonett.

Alt i alt virker geonett som en god løsning der forholdene ligger til rette for det.

## KONKLUSJON

## 9. VIDERE ARBEID

Veldig mye arbeid er gjort, men det gjenstår fortsatt en god del.

Innhente erfaringer fra kommuner og fylker, og systematisere disse, bør gjøres for å få en oversikt over langtidseffekter fra slike veger. Dette på grunn av at det tilsynelatende er best effekt av geonett på veger med tynne overbygninger. Kommuner og fylker har mange slike veger i sitt vegnett.

En ny studie som, på lik linje med det som er gjort i denne oppgaven, kan se på flere veger som har strekninger med geonett. Hensikten vil være å se på utviklingen over mange år, og å se om virkningen av geonett er tilsvarende det som er vist her.

Det er også et behov for å utvikle/ gi ut en veileder om geosynteter. Det er også et behov for å finne en metode, som kan brukes til design av overbygninger på prosjektnivå. Denne må naturlig nok være produsentuavhengig.

Det å benytte seg mer av geonett, for så å dokumentere utviklingen over tid for flere strekninger og med ulike grunnforhold bør også utføres.





## KILDER

AL-QADI, Imad L., Samer DESSOUKY, Erol TUTUMLUER, and Jayhyun KWON. 2010. *Geogrid mechanism in low-volume flexible pavements: accelerated testing of full-scale heavily instrumented pavement sections*. Urbana.

BAUER, Dr Gunther E and A O Abd El HALIM. 1987. *The performance of geogrid reinforced road bases*. Ottawa, Canada.

BREMSETH, Ottar. 2012. *Bæreevnmålinger og behandling av bæreevnedata*.

CLYDE, Timothy. 2011. *Monitoring Geosynthetics in Local Roadways (LRRB 768) 10-Year Performance Summary*.

ECO-SERVE NETWORK. 2006. *Best Available Technology Report for the Aggregate and Concrete Industries in Europe*.

EIKSUND, G. R., I. HOFF, and S. W. PERKINS. 2004. *Cyclic Triaxial Tests on Reinforced Base Course Material. Proceedings of the Conference EuroGeo 2004*.

FAKSDAL, Ivar. 2005. *Erfaring med Tensar geonett ved forsterkning av veger i Sør-Trøndelag*. Trondheim.

FRANZEFOSS- VASSFJELLET. 2012. [www.franzefoss.no](http://www.franzefoss.no). [online]. [Accessed 15 Feb 2012].

GEOSYNTHETIC MATERIALS ASSOCIATION. 2000. *GEOSYNTHETIC REINFORCEMENT OF THE AGGREGATE BASE/SUBBASE COURSES OF PAVEMENT STRUCTURES*.

GIROUD, J. P. and J. HAN. 2004. *Design method for geogrid-reinforced unpaved roads: I. Development of design method*.

HANSEN, Erling. 1970. *Ark mottatt av Helge Mork*.

HOFF, Inge. 2010. *Bruk av armering i veg*. Trondheim.

HOFF, Inge. *GeoRePave, fremføring*. Trondheim.

HUFENUS, Rudolf, Rudolf RUEEGGER, Robert BANJAC et al. 2005. *Full-scale field tests on geosynthetic reinforced unpaved roads on soft subgrade*. St. Gallen, Switzerland.

JUSINFO.NO. 2012. [www.jusinfo.no](http://www.jusinfo.no). [online]. [Accessed 29 May 2012].

KORKIALA-TANTTU, L., H. KIVIKOSKI, and H. RATHMAYER. 2003. *The use of steel grid in road test structures. STEELSYNT. Finnra report 8/2003. På finsk*. Helsinki.

KWON, J., E. TUTUMLUER, and H. KONIETZKY. 2007. *Aggregate base residual stresses affecting geogrid reinforced flexible pavement response*. Urbana, USA.

MEKKAWY, Mohamed M., David J. WHITE, Charles T. JAHREN, and Muhannad T. SULEIMAN. 2009. *Performance Problems and Stabilization Techniques for Granular Shoulders*. Oakland.

MORK, Helge. 2011. *Bereevne for eksisterande veg, første versjon 2006*.

MORK, Helge. 2012. *samtale*. NTNU.

MYHRE, Øystein. 2012. *Svar på epost*. [online].

NCHRP. 2004. *NCHRP project 1-37A design guide, mechanistic–empirical design of new and rehabilitated pavement structures*.

NVDB. 2012. *Vegdirektoratet, database*.

NYHEIM, Tom Henning. 2012. *Ringebu kommune, svar på epost*. [online].

PALMEIRA, Ennio M. and Luiz G. S. ANTUNES. 2010. *Large scale test on geosynthetic reinforced unpaved roads subjected to surface maintenance*. Brasilia, DF, Brasil.

PAVEMENTINTERACTIVE. 2007. *www.pavementinteractive.org*. [online]. [Accessed 2012 May 1012].

PERKINS, S.W., B.R. CHRISTOPHER, E.L. CUELHO et al. 2007. *A mechanistic-empirical model for base-reinforced flexible pavements*.

PERKINS, Steven W., Barry R. CHRISTOPHER, Nicholas THOM et al. NA. *Geosynthetics in Pavement Reinforcement Application*.

RYKHUS, Terje. 2012. *Tentex, svar på epost*. [online].

SAAD, Bassam, Hani MITRI, and Hormoz POOROOSHASB. 2006. *3D FE Analysis of Flexible Pavement with Geosynthetic Reinforcement*.

SABA, Rabbira Garba. 2011. *Nytt etatsprogram: Varige veger*.

SARSBY, R. W. 2007. *Geosynthetics in civil engineering*. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute.

SHUKLA, Dr. Sanjay Kumar. 2011. *Handbook of Geosynthetic Engineering*. Edith Cowan University, Australia: ICE Publishing.

SHUKLA, S. K. 2011. *Handbook of Geosynthetic Engineering*. Perth, Australia.

TENSAR. 2009. *SPECTRA Roadway improvement system*.

TENSAR. 2010. *TriAx A revolution in geogrid technology*.

TENSAR. 2011. *TENSAR geosynthetics in civil engineering*.

- TENSAR. 2012. *tensarinternational.com*. [online]. [Accessed 23 May 2012].
- THODESEN, Carl Christian. 2012 (A). *Utfordringer for vedlikehold av veier og potensiale for geosynteter*. Forsker, SINTEF Byggforsk.
- THODESEN, Carl Christian. 2012 (B). *Samtale*. Trondheim.
- VÆRNES, Einar. 2008. *Måling av jevnhet og spor*.
- VASLESTAD, Jan. 2012. *Svar på epost*. [online].
- VEGDIREKTORATET. 1996. *Skadekatalogen for bituminøse vegdekker, Håndbok 193*.
- VEGDIREKTORATET. 1997. *Feltundersøkelser, Håndbok 015*.
- VEGDIREKTORATET. 2003. *Drift og vedlikehold, Hb111*.
- VEGDIREKTORATET. 2005. *Laboratorieundersøkelser, Hb014*.
- VEGDIREKTORATET. 2008. *Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger, Hb274*. Oslo.
- VEGDIREKTORATET. 2010. *Geoteknikk i vegbygging, Hb016*.
- VEGDIREKTORATET. 2011. *Prosjektplan, Varige veger*.
- VEGDIREKTORATET. 2011. *Vegbygging, Håndbok 018*. Vegdirektoratet.
- VEGDIREKTORATET, VEGLABORATORIET. 1997. *Armering av veg, Intern rapport nr. 1991*.
- WATN, Arnstein. 2010. *Armering i veg, fremføring*. SINTEF.
- WIGUM, Børge Johannes, Svein Willy DANIELSEN, Odd HOTVEDT, and Bård PEDERSEN. 2009. *Production and Utilisation of Manufactured Sand*.
- WILLIAMS, Eric Duncan and Nii O. Attoh OKINE. 2007. *Effect of geogrid in granular base strength - An experimental investigation*. Newark, DE, United States.
- YAMANOUCHI, T. 1986. *Historical Review of Geotextiles in Japan*. Fukuoka, Japan.



## VEDLEGG

Vedlegg 1. Oppgavetekst .....	V-3
-------------------------------	-----

## BILAG

Bilag 1. Jevnhet på tvers (spor) .....	B-1
Bilag 2. Utvikling av spordybder, gjennomsnitt og 90 prosentil .....	B-25
Bilag 3. Jevnhet på langs (IRI) .....	B-37
Bilag 4. Utvikling av jevnhet på langs (IRI), gjennomsnitt og 90 prosentil .....	B-61
Bilag 5. Bæreevne og G90-verdi .....	B-73
Bilag 6. Utvikling av Bæreevne, gjennomsnitt og 10 prosentil .....	B-89
Bilag 7. Utvikling av G90-verdi, gjennomsnitt og 90 prosentil.....	B-101
Bilag 8. Skaderegistrering .....	B-113



# **Vedlegg 1**

## **Oppgavetekst**





# MASTEROPPGAVE

(TBA4940 VEG, masteroppgave)

VÅREN 2012  
for  
Øystein Tovslid

## Effekter av armeringsnett ved forsterkning av vegkonstruksjoner

### BAKGRUNN

Fra mange hold, spesielt fra leverandørene, hevdes det at en med bruk av armeringsnett i vegkonstruksjoner kan redusere tykkelsen på lagene i konstruksjonen. Fra leverandørhold er det utviklet programvare som skal kunne brukes til å dimensjonere slike armerte konstruksjoner. I andre sammenhenger påpekes det at slike nett ikke bidrar til økt bæreevne, da opptredende tøyninger i en veldimensjonert vegkonstruksjon er for små til at strekkstyrken i nettet mobiliseres. Laboratorieforsøk ved treaksialtester viser det samme. Statens vegvesen anbefaler derfor at en eventuell gevinst fra bruken av geonett ved nybygging ikke tas ut som tynnere lag, men som økt sikkerhet mot deformasjoner. Derimot åpnes det for redusert tykkelse av forsterkningslag ved forsterkningsarbeider hvis nødvendig for å opprettholde tilstrekkelig vegbredde.

En kan likevel tenke seg at dersom det ved forsterkning av svake konstruksjoner brukes geonett, så kan setninger og spenninger i bruksfasen over tid føre til at styrken i geonettet mobiliseres, spesielt hvis dette er kombinert med økt tillatt aksellast. For å få mer erfaringer med slike installasjoner og for å kunne dokumentere eventuelle effekter av geonett, ble det midt på 1990-tallet etablert en del prøvestrekninger med geonett i Sør-Trøndelag. Disse strekningene ble fulgt opp av ViaNova midt på 2000-tallet, og det ble da delvis registrert en gunstigere tilstandsutvikling for de armerte konstruksjonene enn på tilliggende uarmerte strekninger. Det er derfor interessant å få utført ytterligere oppfølging av disse strekningene for å se om den positive effekten som da ble registrert, har fortsatt, og om det eksisterer forskjeller mellom armerte og uarmerte konstruksjoner.

### OPPGAVE

#### Beskrivelse av oppgaven

Denne masteroppgaven omhandler effekter av geonett ved forsterkning av vegoverbygninger, og tar sikte på å gi informasjon om tilstandsutviklingen på slike konstruksjoner sammenlignet med for konstruksjoner uten armering.

#### Deloppgaver og forskningsspørsmål

Følgende oppgaver vil inngå:

- Et litteraturstudium der ulike aspekter ved bruken av armeringsnett i vegkonstruksjoner belyses. Det er viktig at synspunkter og anbefalinger fra både leverandører, ulike brukergrupper, forskningshold og forvaltningssiden omhandles.
- Å innhente og systematisere dokumenterte erfaringer fra andre land med bruk av armeringsnett i konstruksjoner med asfaltdekke.

- Hvis mulig, å sette seg inn i og kritisk vurdere tilgjengelig programvare for dimensjonering av konstruksjoner med armeringsnett.
- Å følge opp og presentere tilstands- og eventuelle bæreevнемålinger på sammenlignbare strekninger med og uten geonett i Norge (Trøndelag). Det skal legges vekt på utviklingen etter forrige oppfølging i 2005.
- På basis av tilstand før forsterkning, materialbruk og lagtykkelser samt trafikkutvikling i perioden, å systematisere de innhentede data.
- Å foreta en kritisk vurdering av de observerte utviklingstrekkene, og på basis av dette forsøke å trekke konklusjoner om hvorvidt, og i så fall for hvilke betingelser og i hva omfang armeringsnett i vegkonstruksjoner har en effekt for vegens styrke og tilstand.
- På basis av foreliggende måledata før og etter forsterkningstiltaket, å plukke ut kandidater for eventuelle bæreevнемålinger våren 2012. Dette må gjøres så tidlig at dette kan inkluderes i det ordinære måleprogrammet for regionen.
- Dersom målingene omtalt over kan gjennomføres tidsnok, analysere gjennomførte nedbøyningsmålinger med fallodd på utvalgte strekninger.
- På basis av all innhentet teoretisk og praktisk kunnskap, å gjennomføre en kritisk vurdering av armeringsnetts eventuelle effekt på vegkonstruksjoners styrke og levetid, for derigjennom å komme med anbefalinger om bruksområde.

Det forutsettes at kandidaten får tilgang til aktuelle tilstandsdata for strekningene fra vegdatabanken. Videre forutsettes det at eventuelle supplerende målinger utføres og gjøres tilgjengelig for kandidaten så tidlig på våren at dette kan få en forsvarlig behandling/vurdering i oppgaven.

## GENERELT

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendighet i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- forord
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- innholdsfortegnelse inklusive oversikt over figurer, tabeller og vedlegg
- om nødvendig en liste med beskrivelse av viktige betegnelser og forkortelser benyttet
- hovedteksten
- referanser til kildemateriale som ikke er av generell karakter, dette gjelder også for muntlig informasjon og opplysninger.
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.
- besvarelsen skal ha komplett paginering (sidenummerering).

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel. Arbeidet leveres da også med rapportforside og tittelside og om nødvendig med vedlegg som dokumenterer arbeid utført i prosessen med utforming av artikkelen.

Se forøvrig «Råd og retningslinjer for rapportskriving ved prosjektarbeid og masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport». Finnes på <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>

### Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om

det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

**Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.**

Oppgaven gjennomføres i samarbeid med Rambøll og Statens vegvesen region midt.

**Helse, miljø og sikkerhet (HMS):**

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>.

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

**Innleveringsfrist:**

Arbeidet med oppgaven starter 16. januar 2012

.

Besvarelsen leveres senest ved registrering i DAIM innen 11. juni 2012 kl 1500.

**Faglærer ved instituttet:** Helge Mork

**Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner:** Ivar Faksdal, Rambøll; Jan Erik Dahlhaug, Statens vegvesen region midt

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 21.12.2011, (tilpasset ny mal: 06.06.2012)

Underskrift

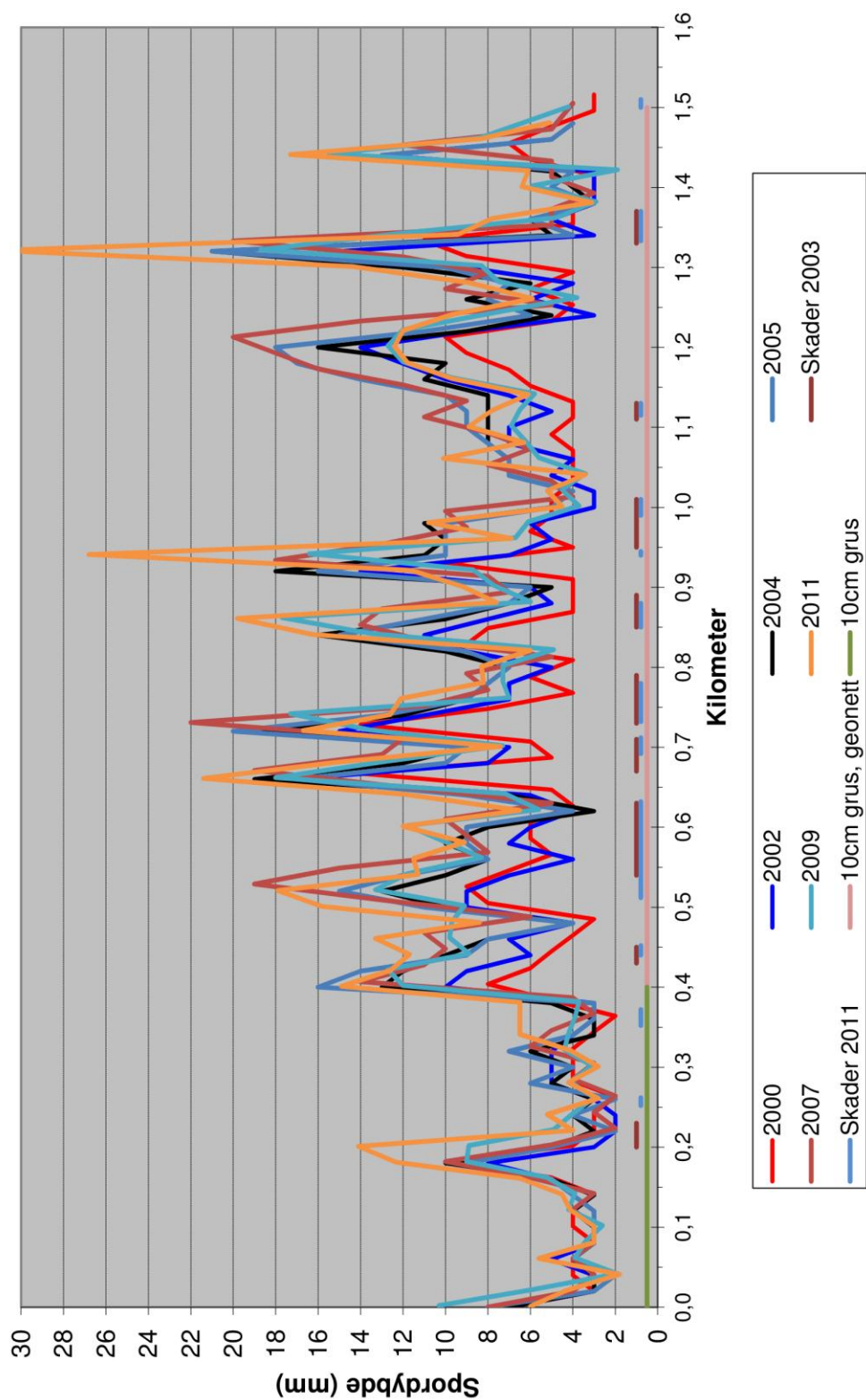


Helge Mork

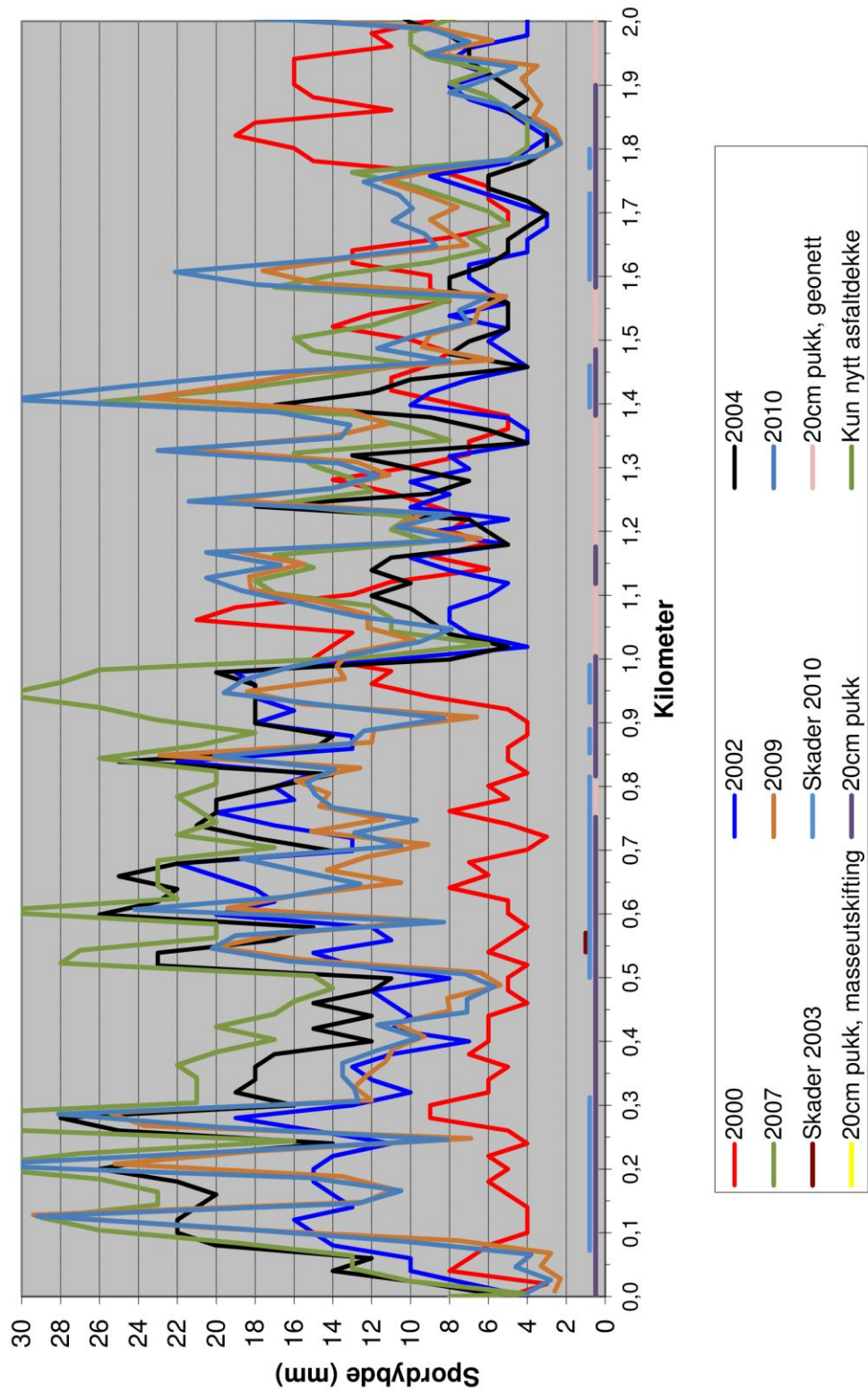
# **Bilag 1**

## **Jevnhet på tvers (spor)**

## Sporutvikling - Fv 293 Heimsjø, Hemne

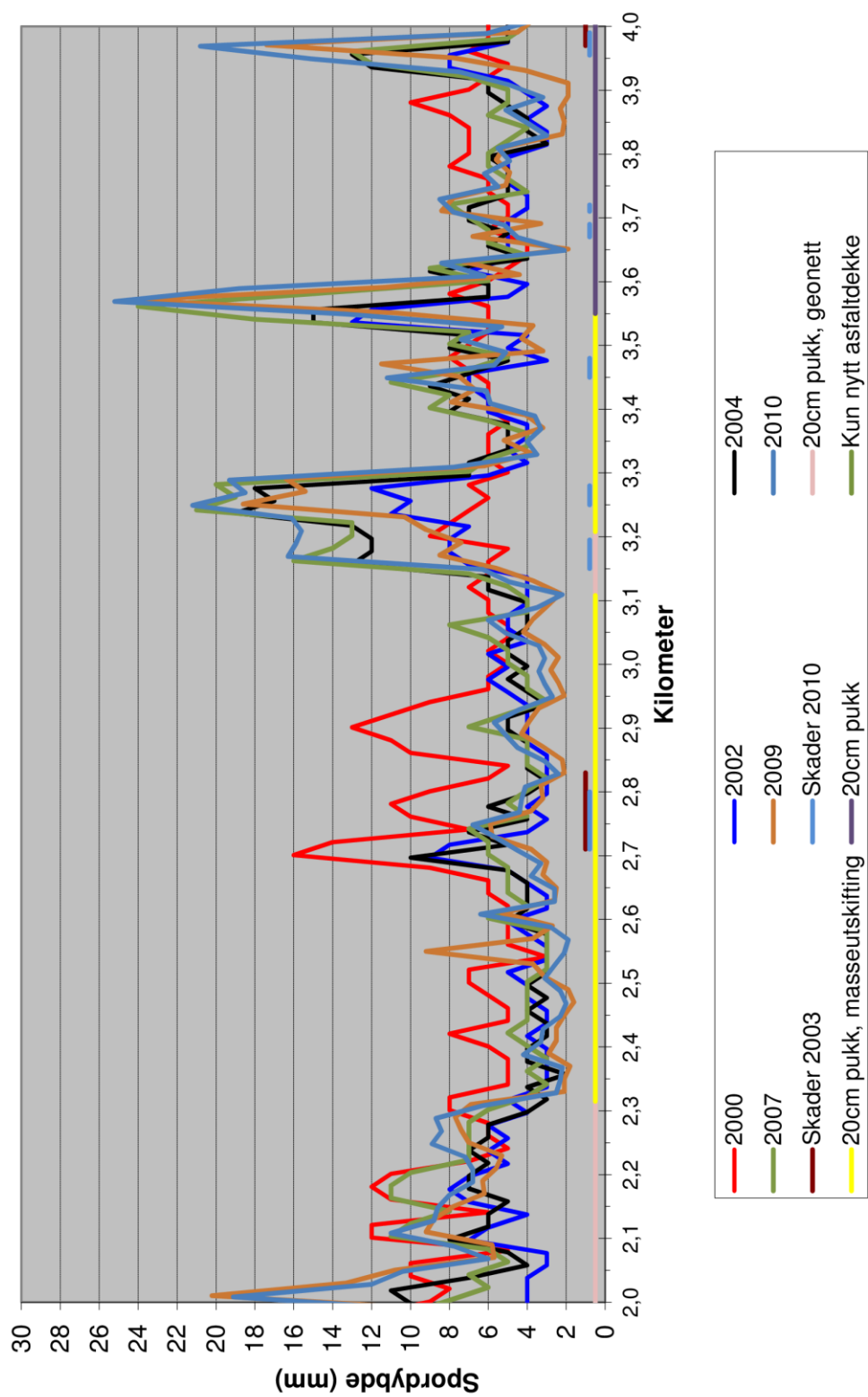


## Sporutvikling - Fv 301 Våvatnet, Snillfjord



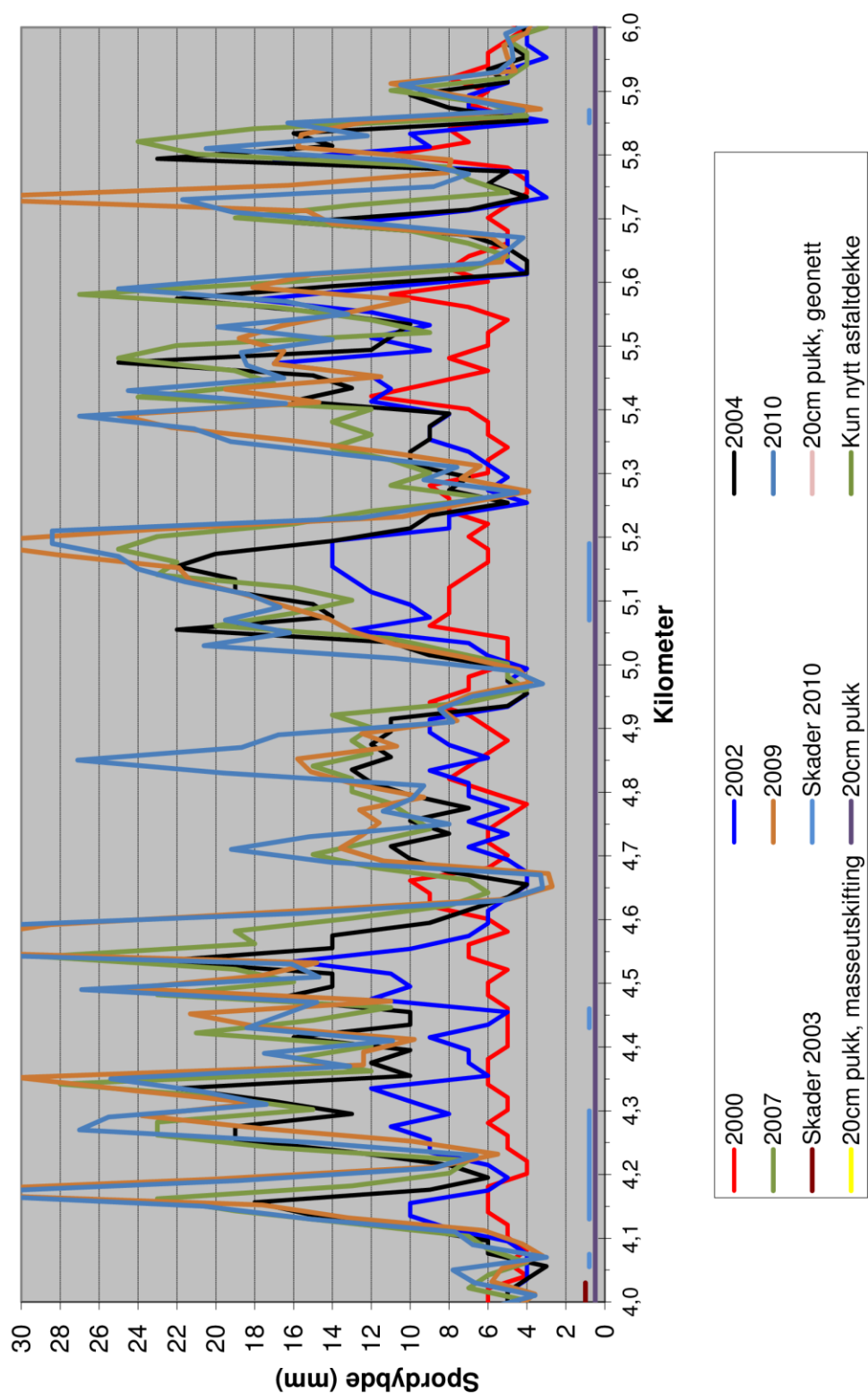


## Sporutvikling - Fv 301 Våvatnet, Snillfjord

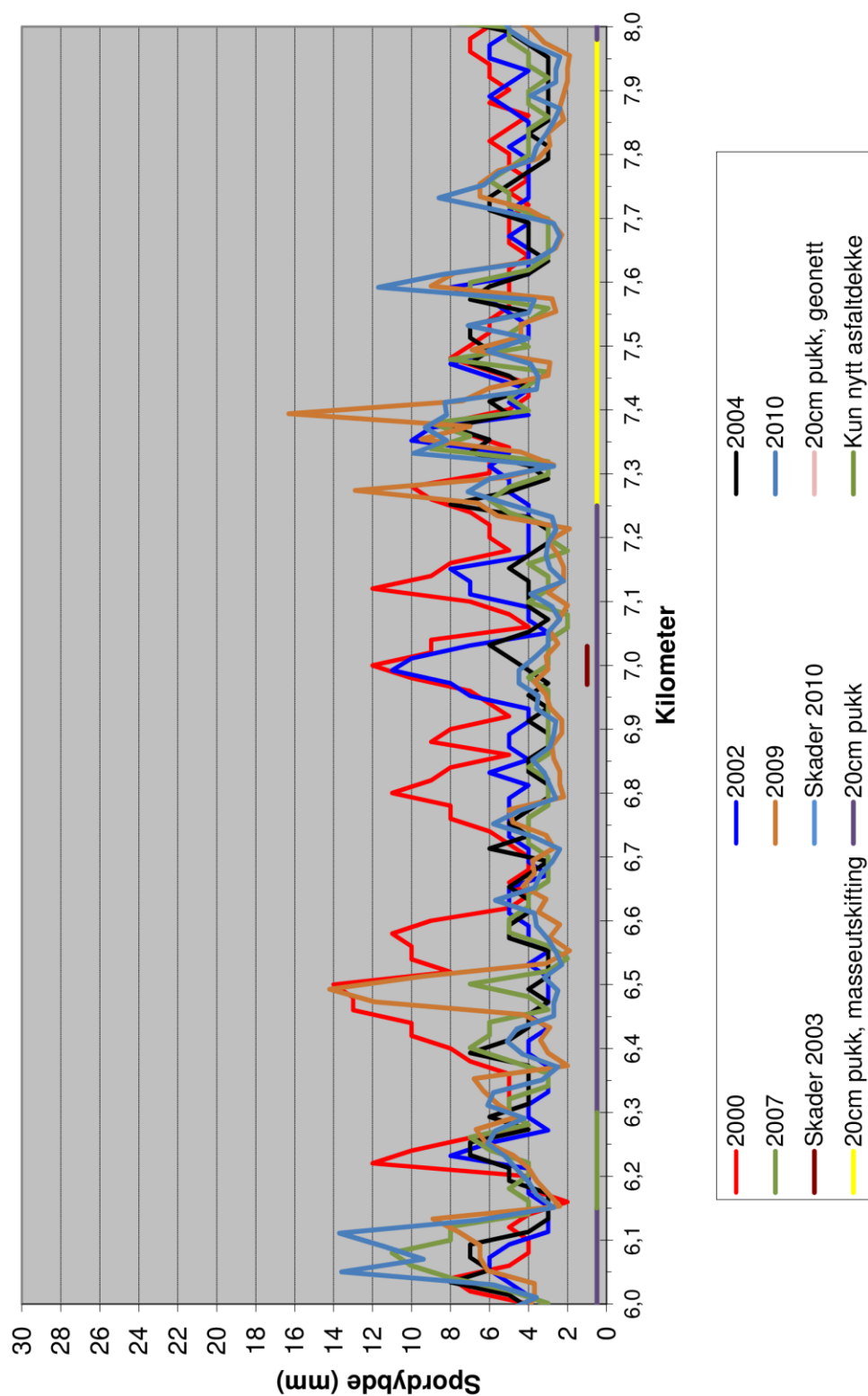




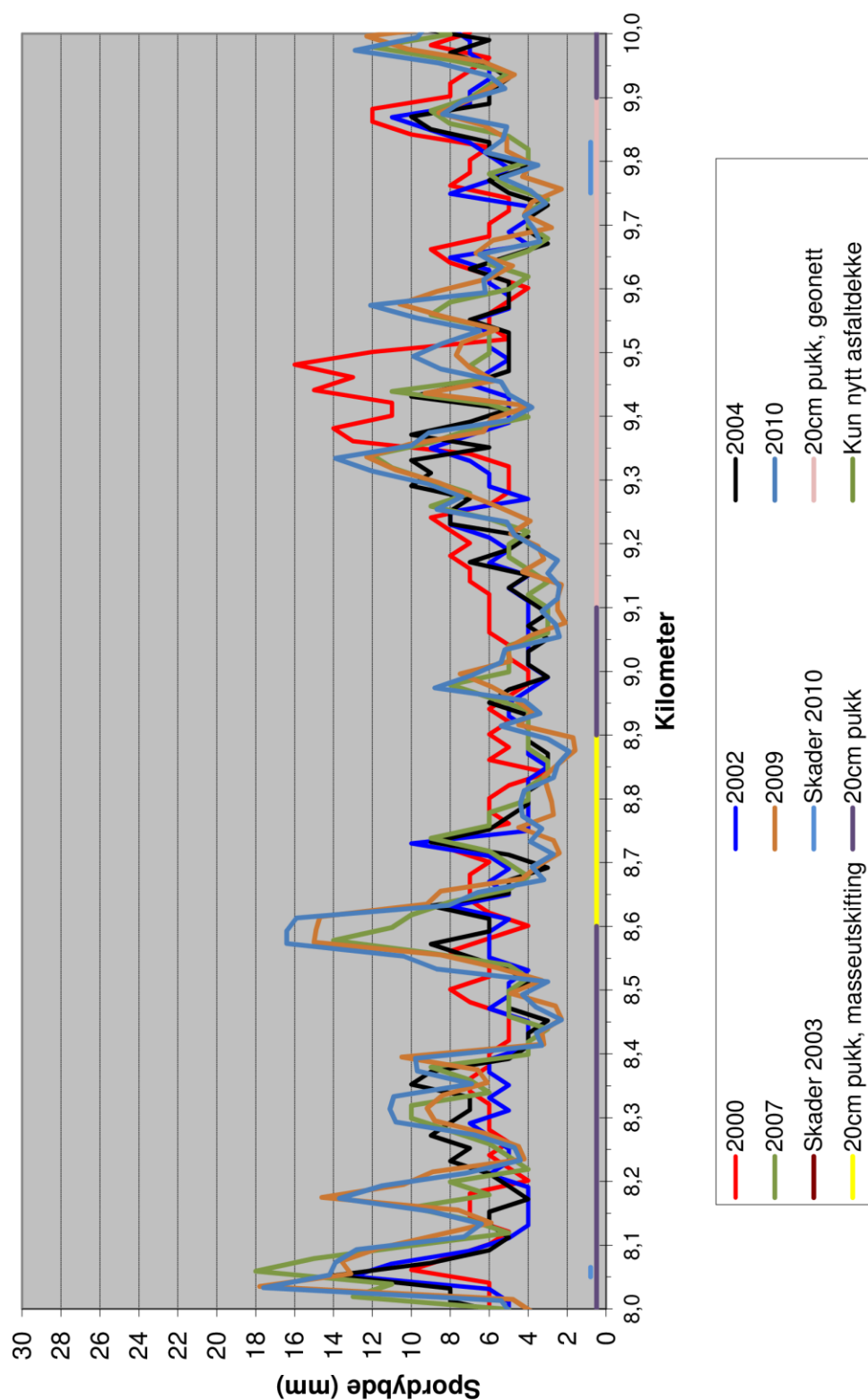
## Sporutvikling - Fv 301 Våvatnet, Snillfjord

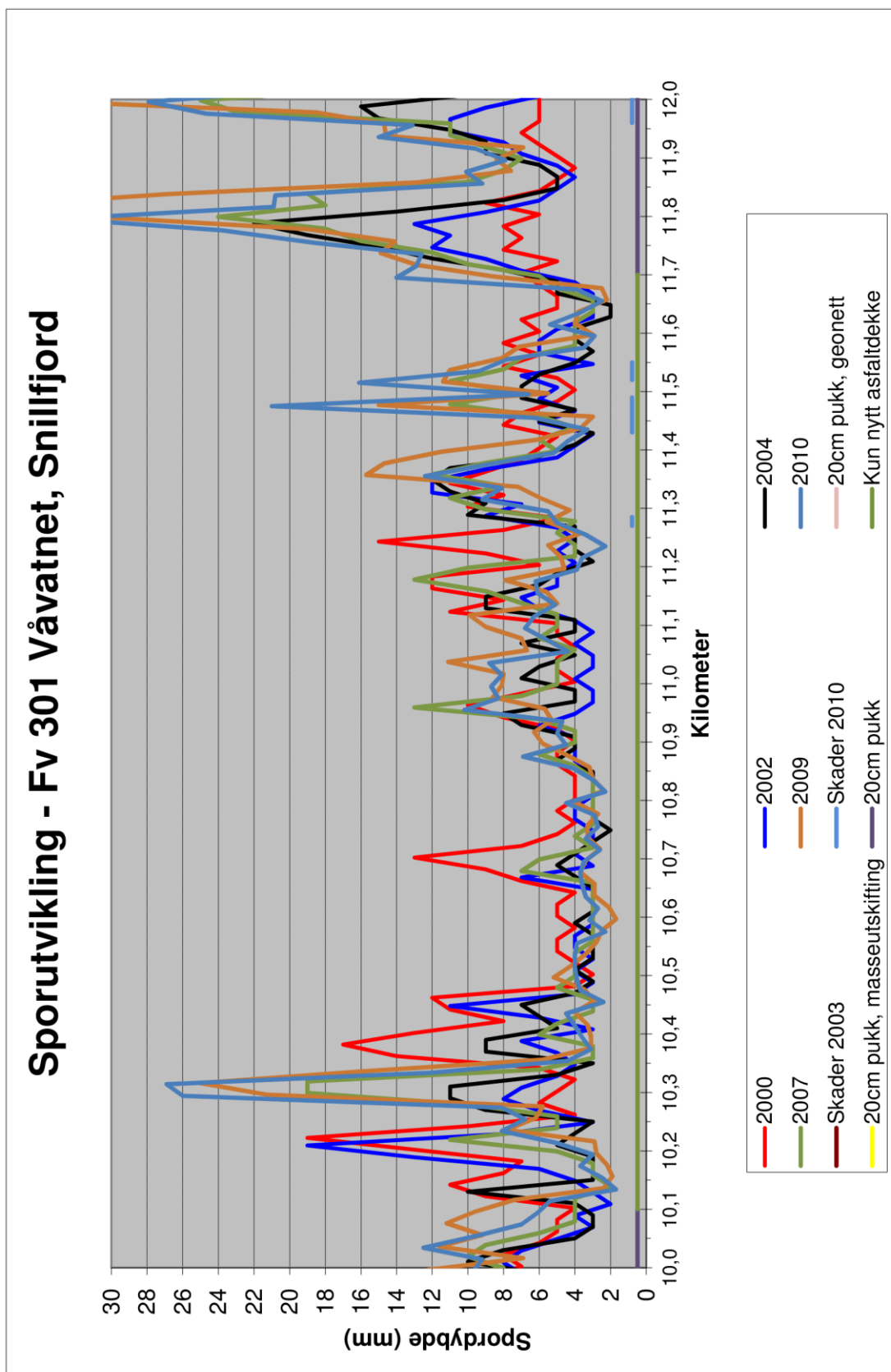


## Sporutvikling - Fv 301 Våvatnet, Snillfjord

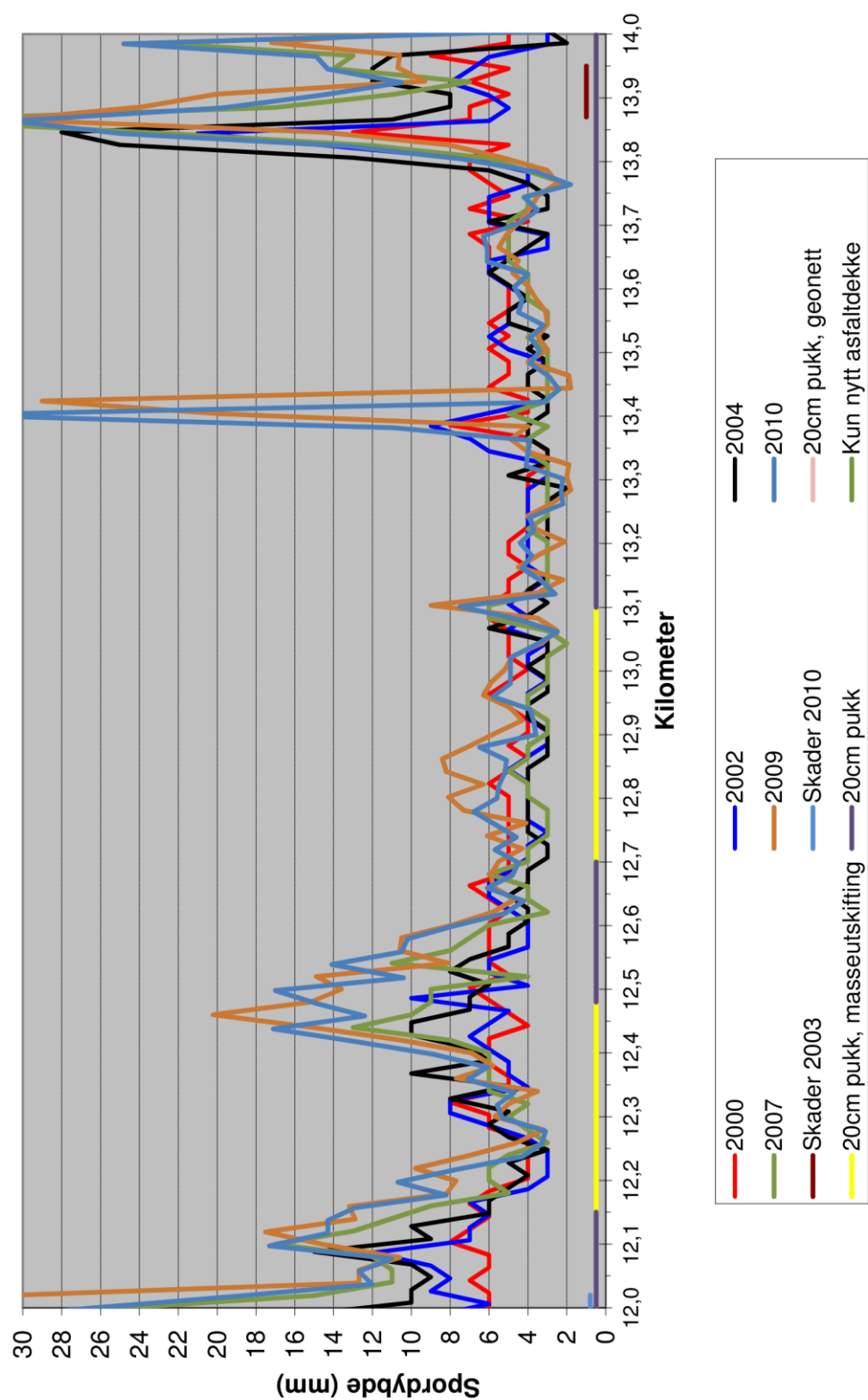


## Sporutvikling - Fv 301 Våvatnet, Snillfjord

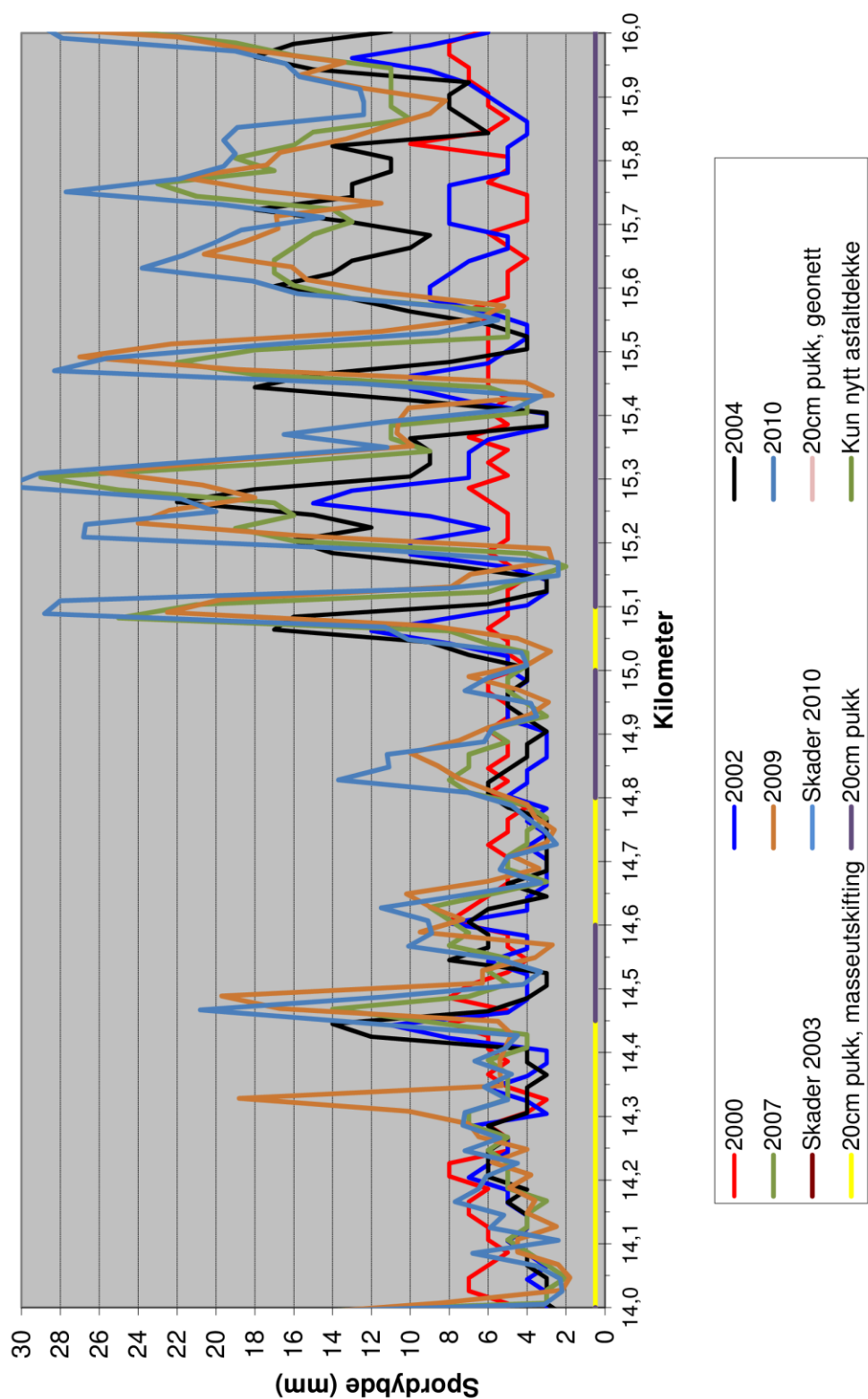




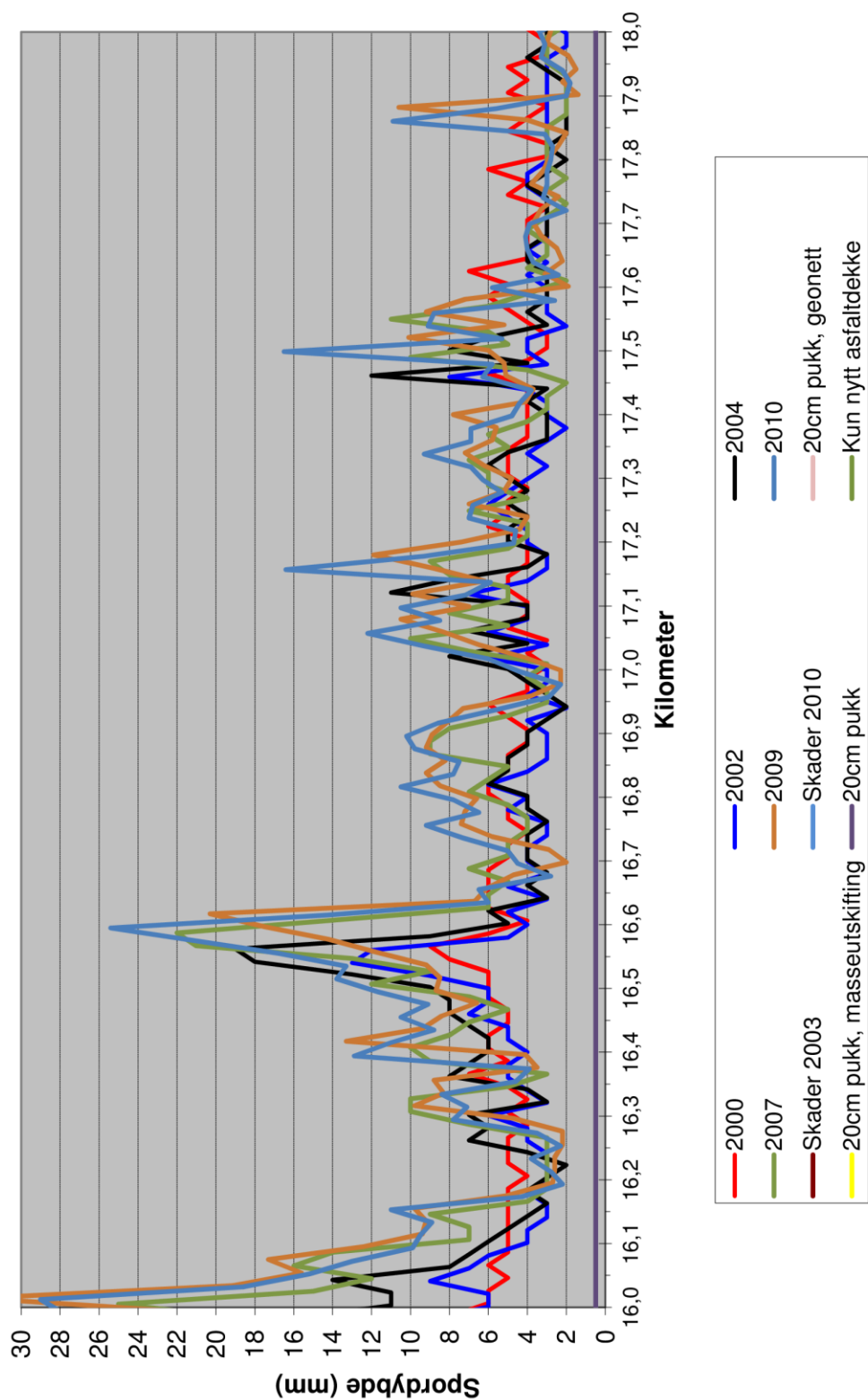
## Sporutvikling - Fv 301 Våvatnet, Snillfjord



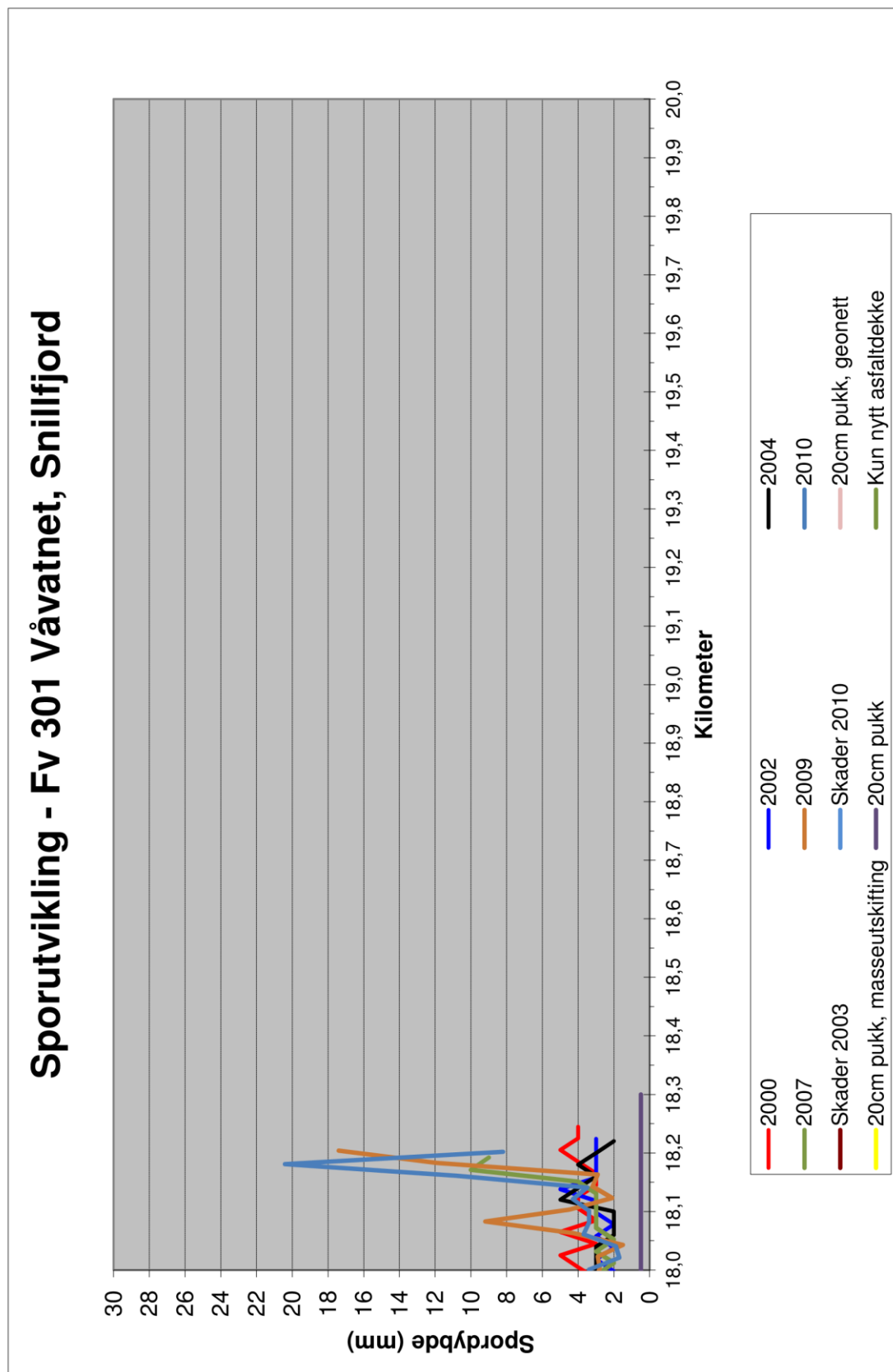
## Sporutvikling - Fv 301 Våvatnet, Snillfjord



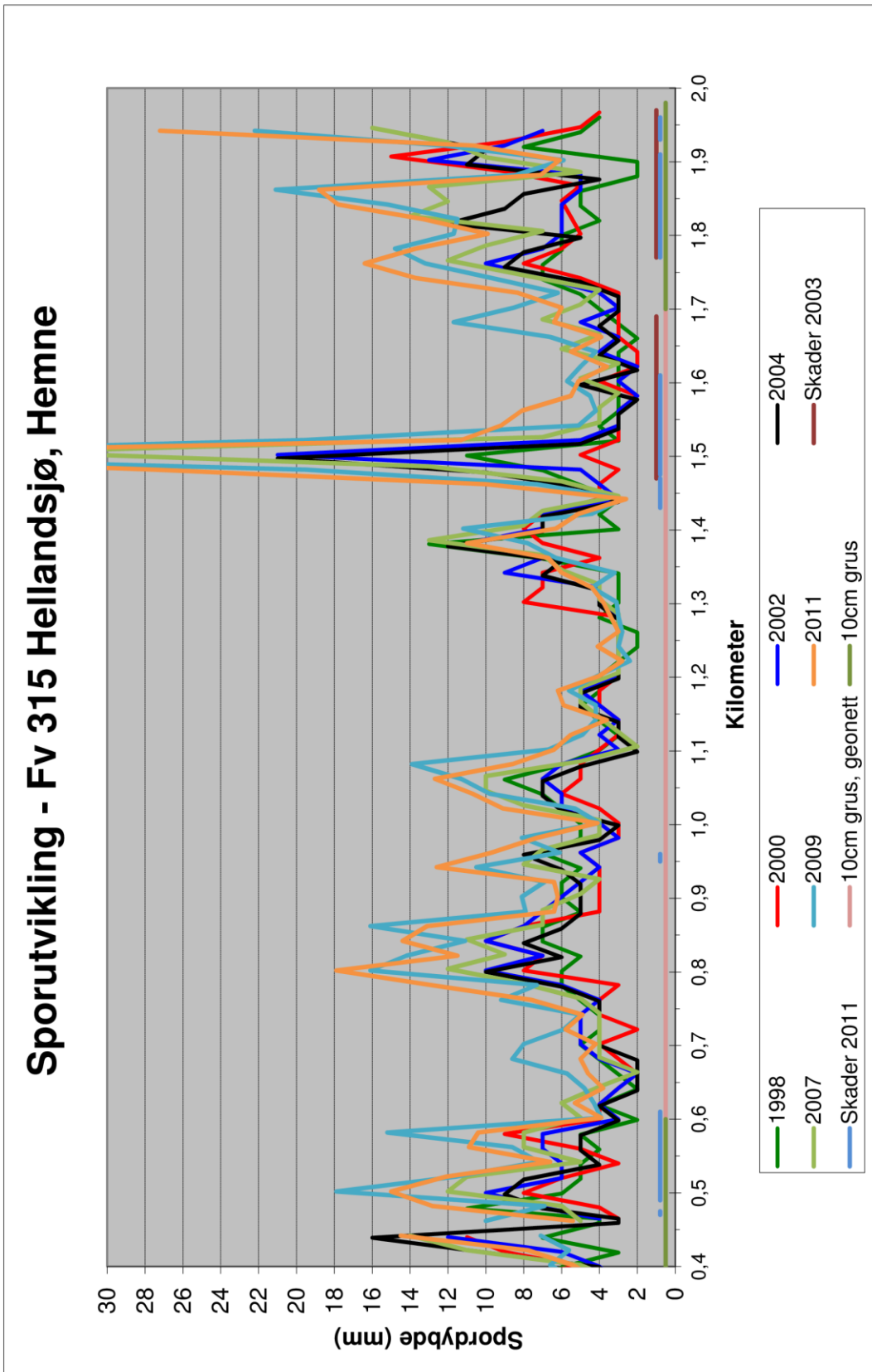
## Sporutvikling - Fv 301 Våvatnet, Snillfjord

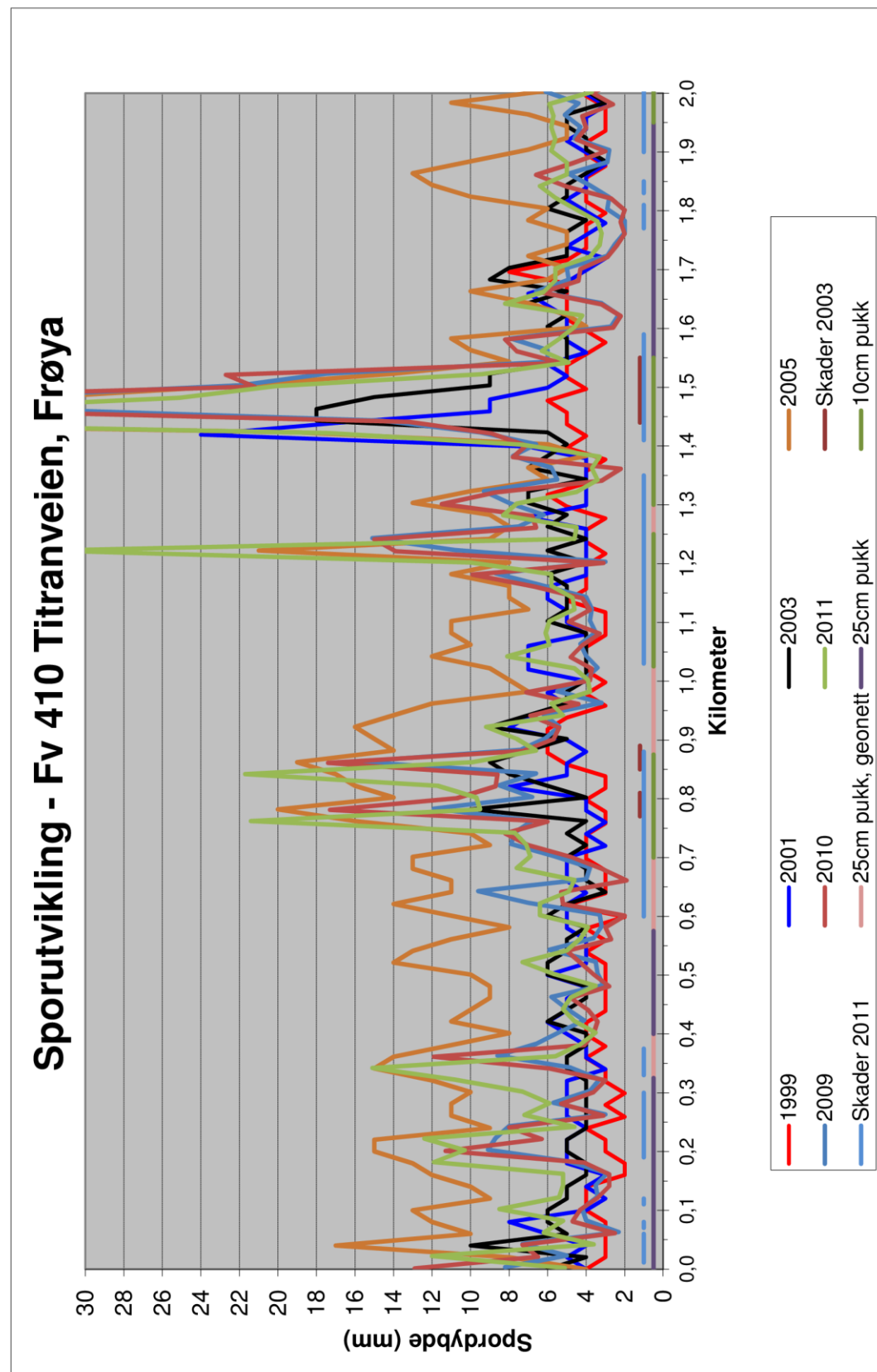


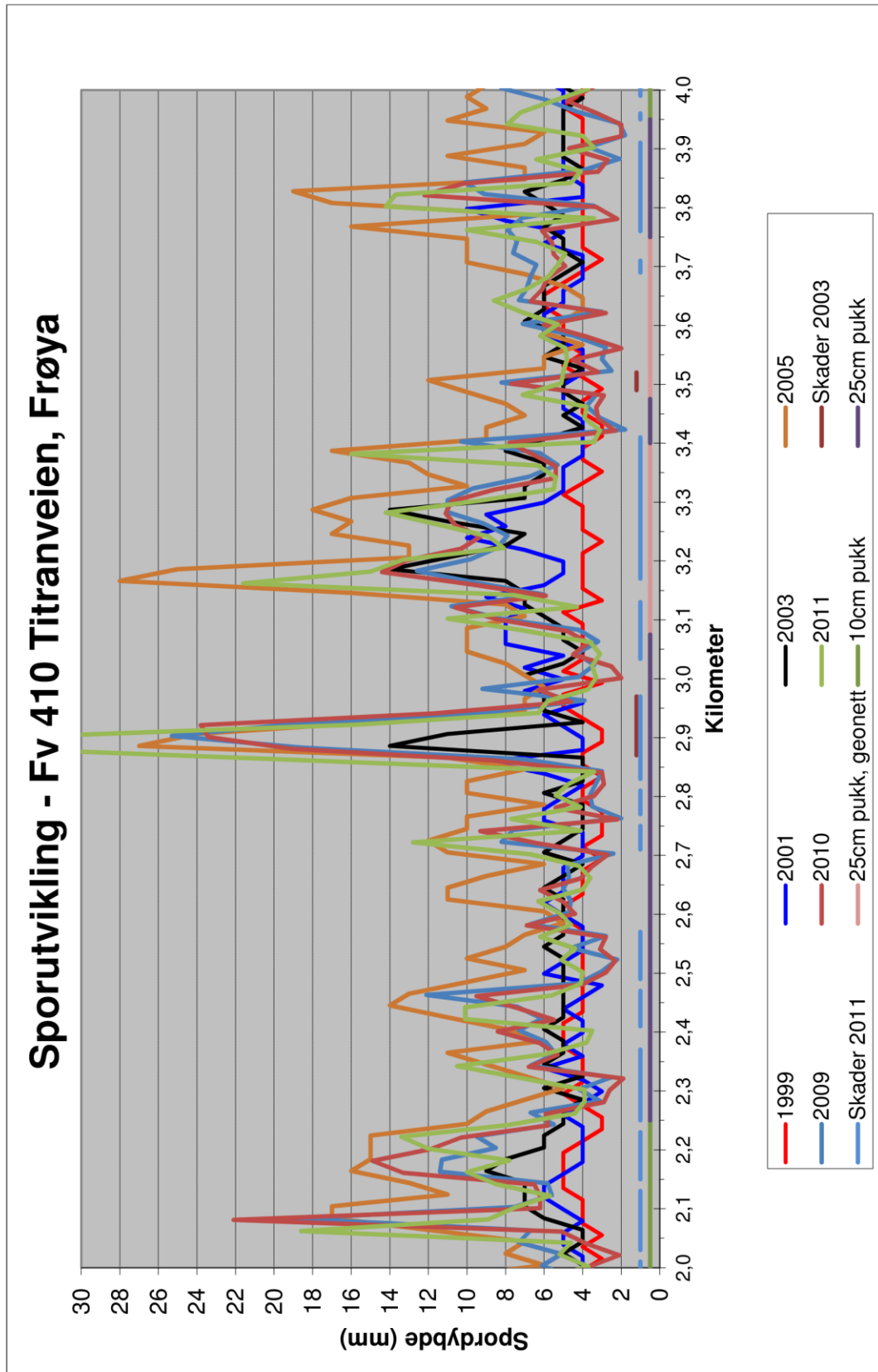


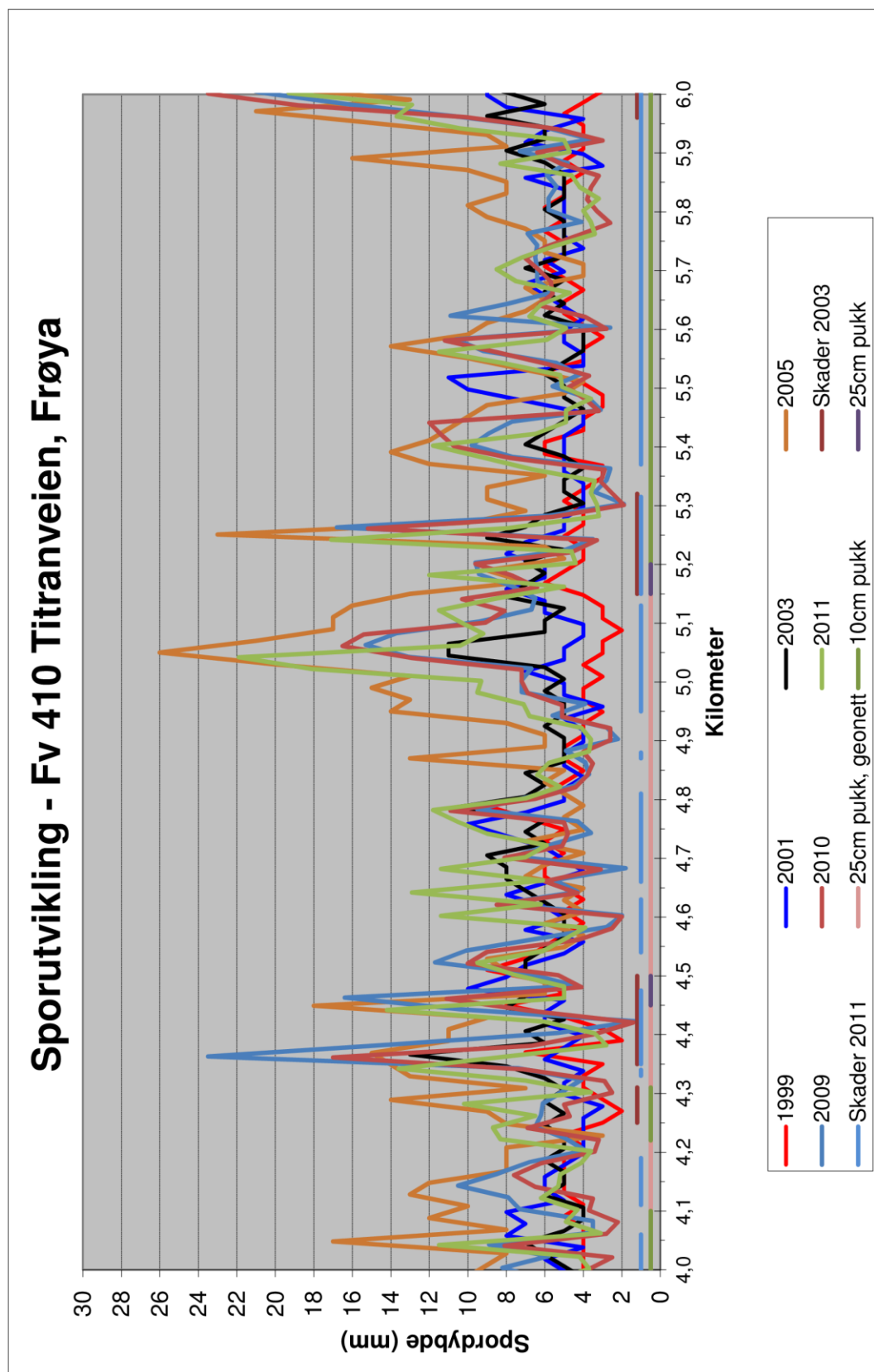


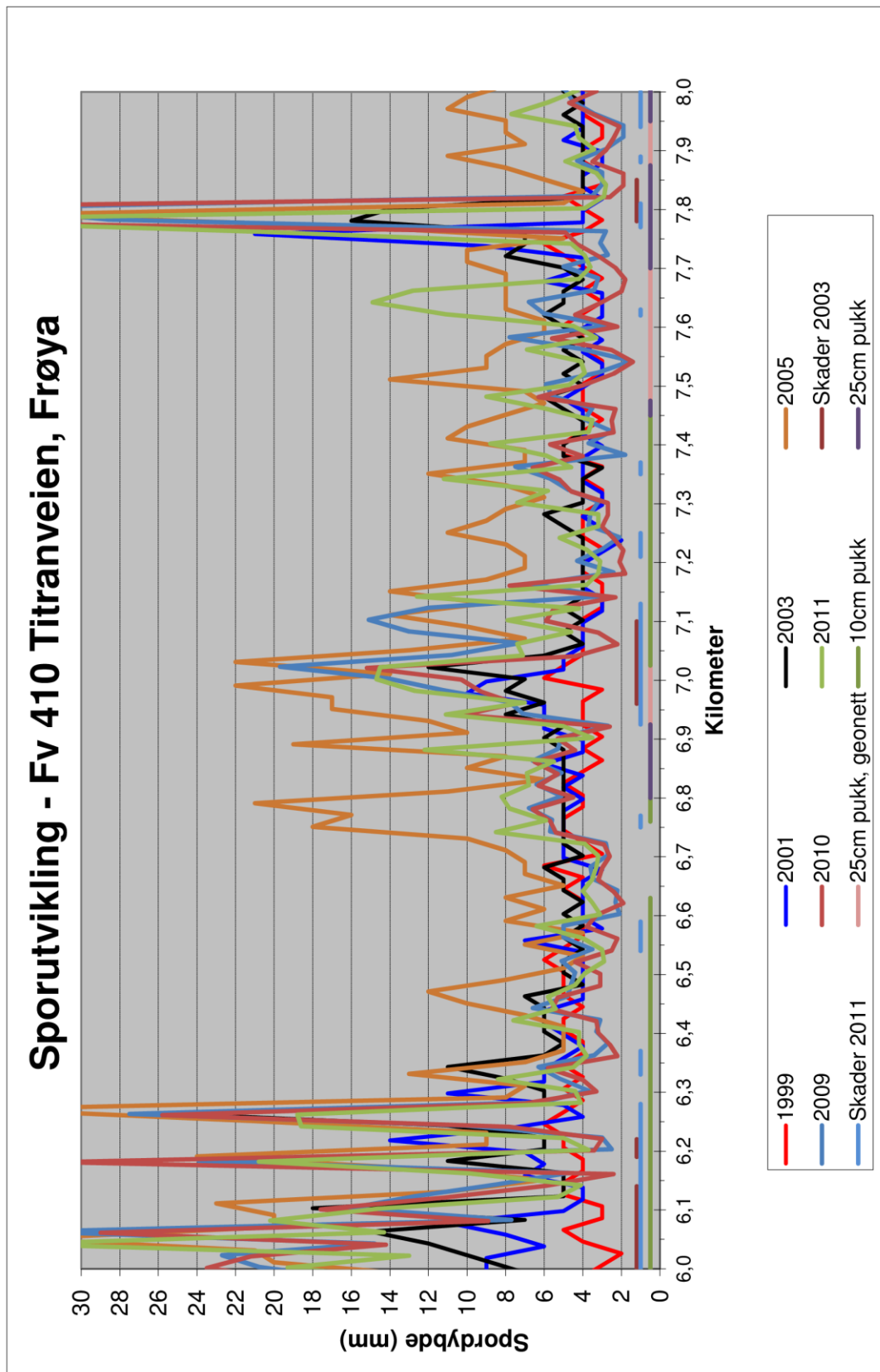


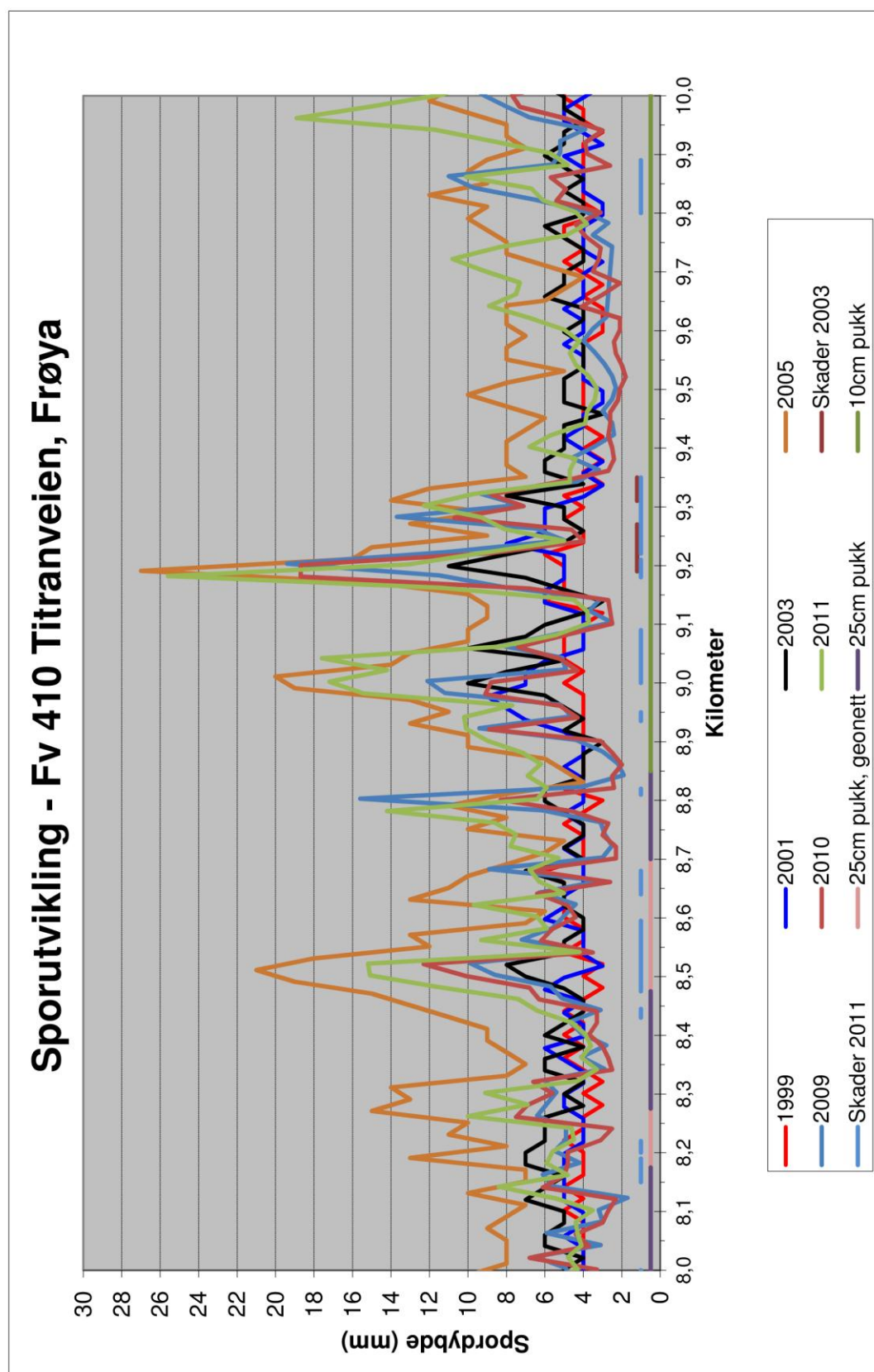






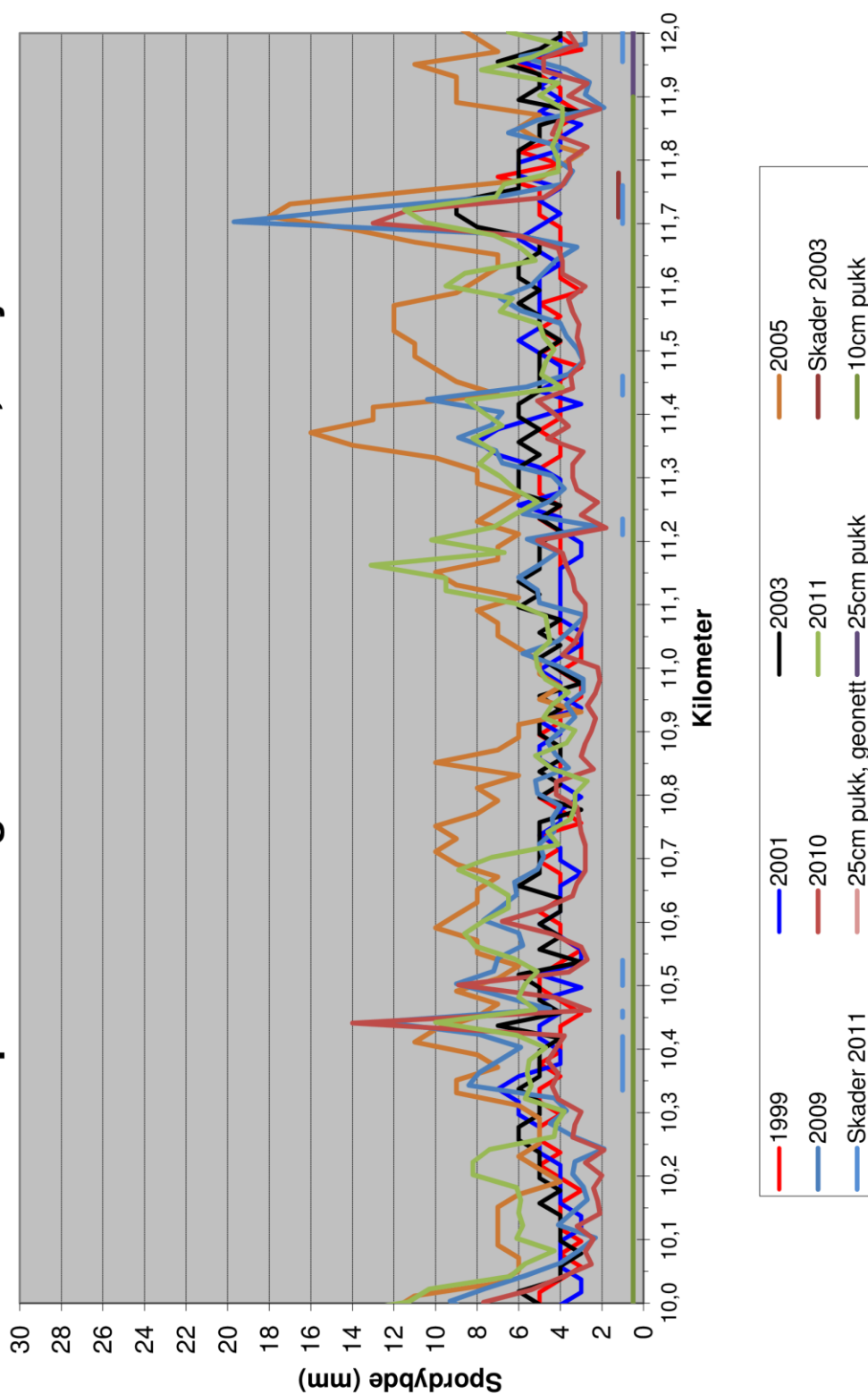


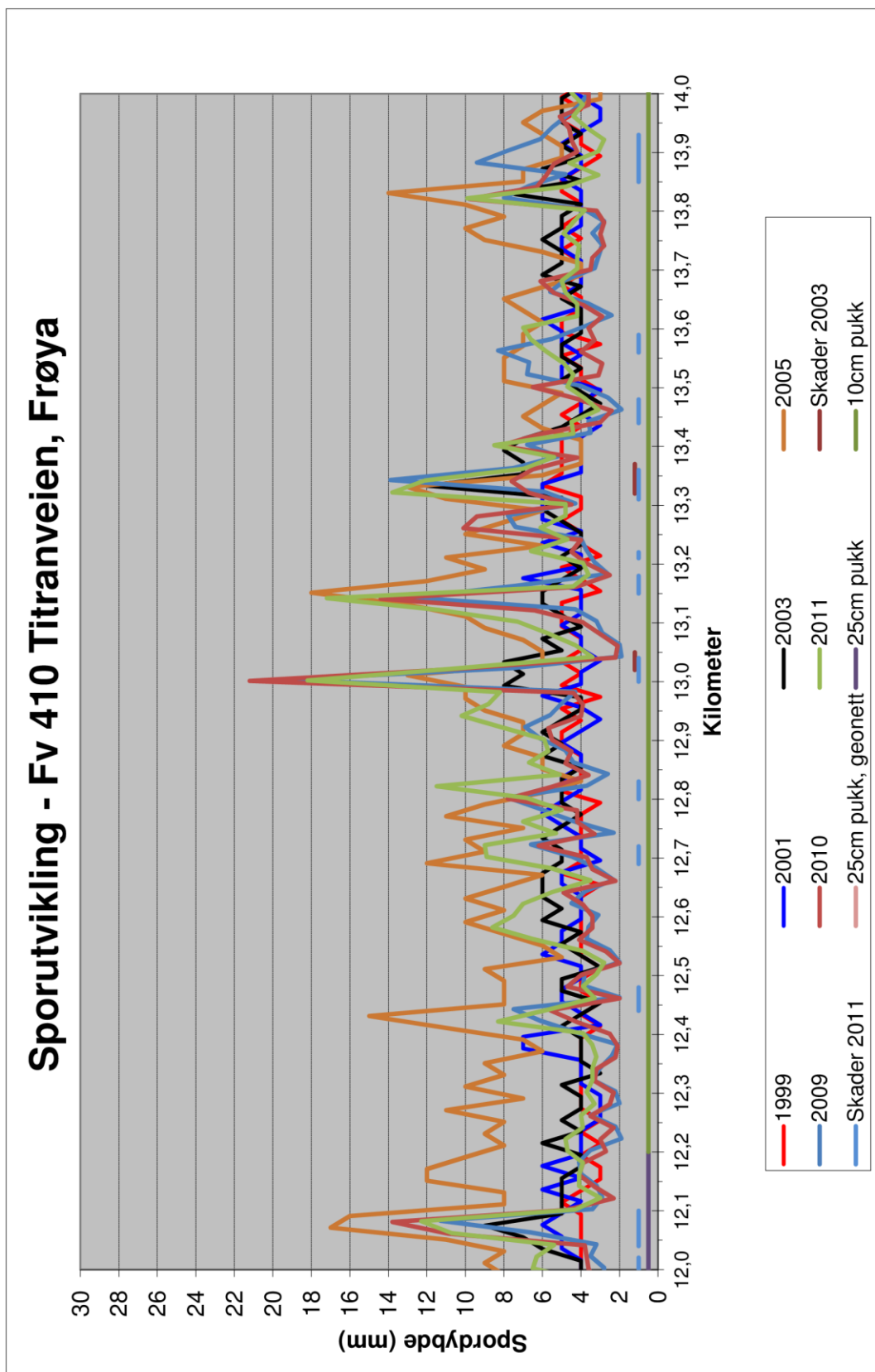






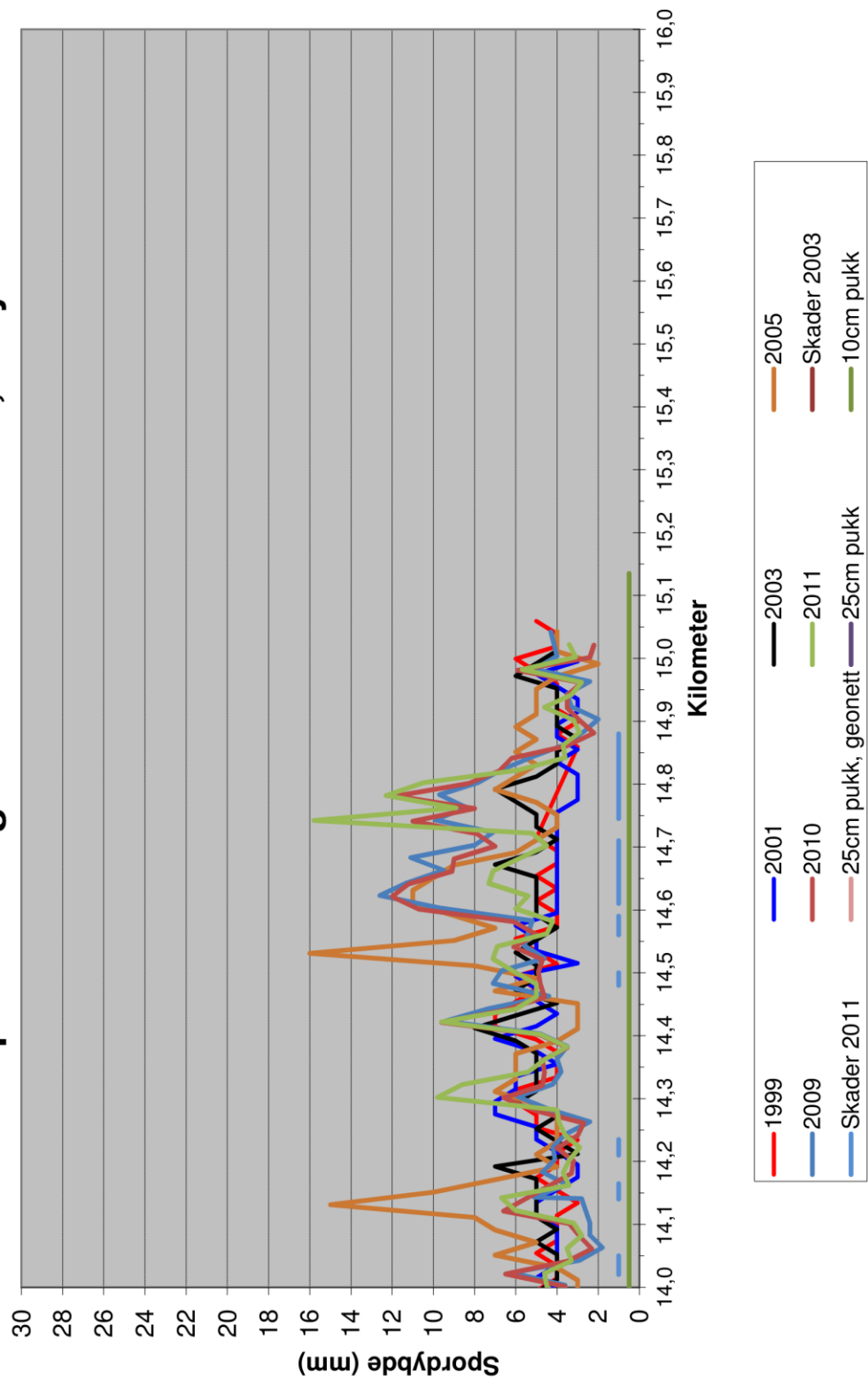
## Sporutvikling - Fv 410 Titranveien, Frøya

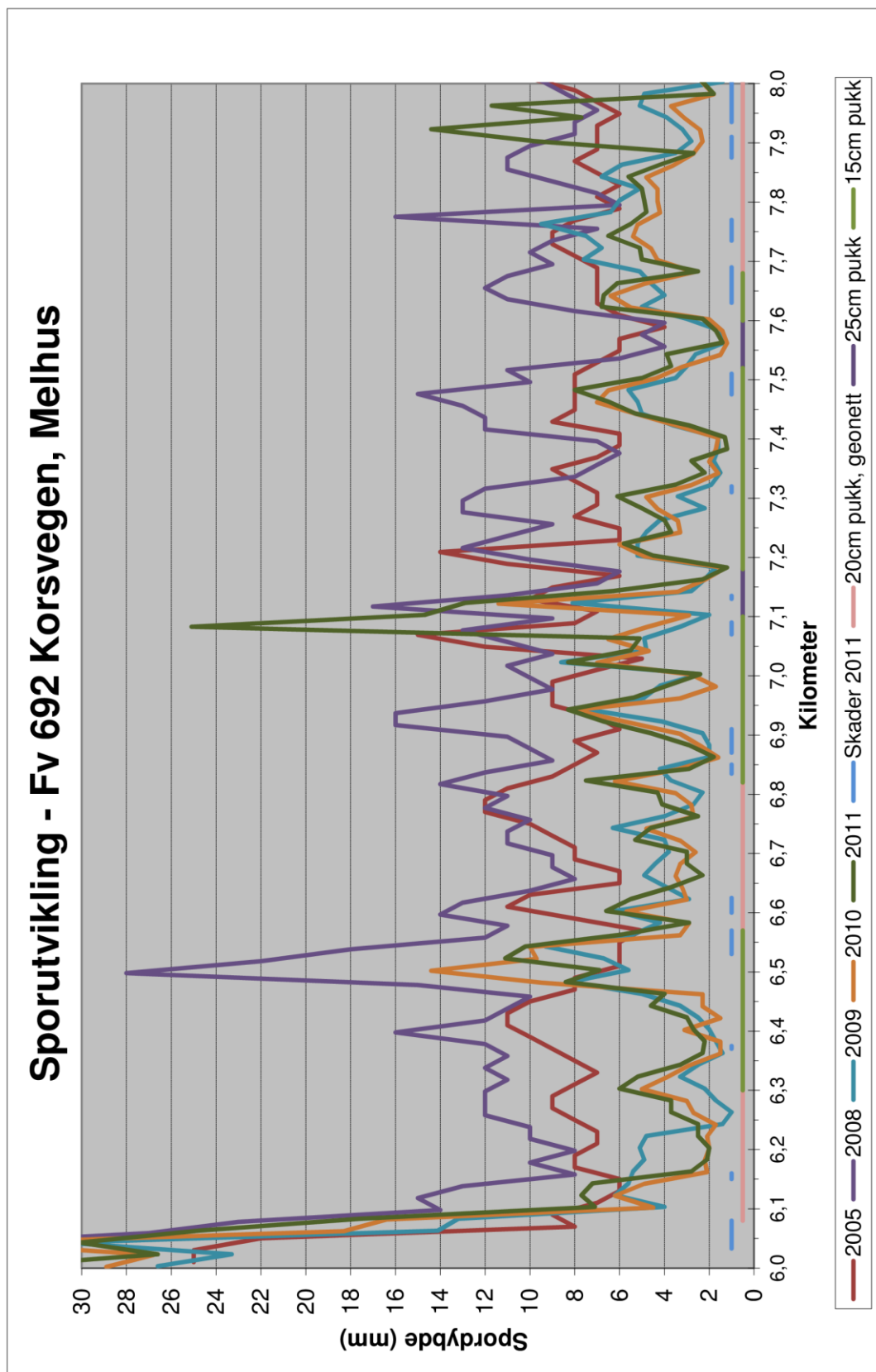


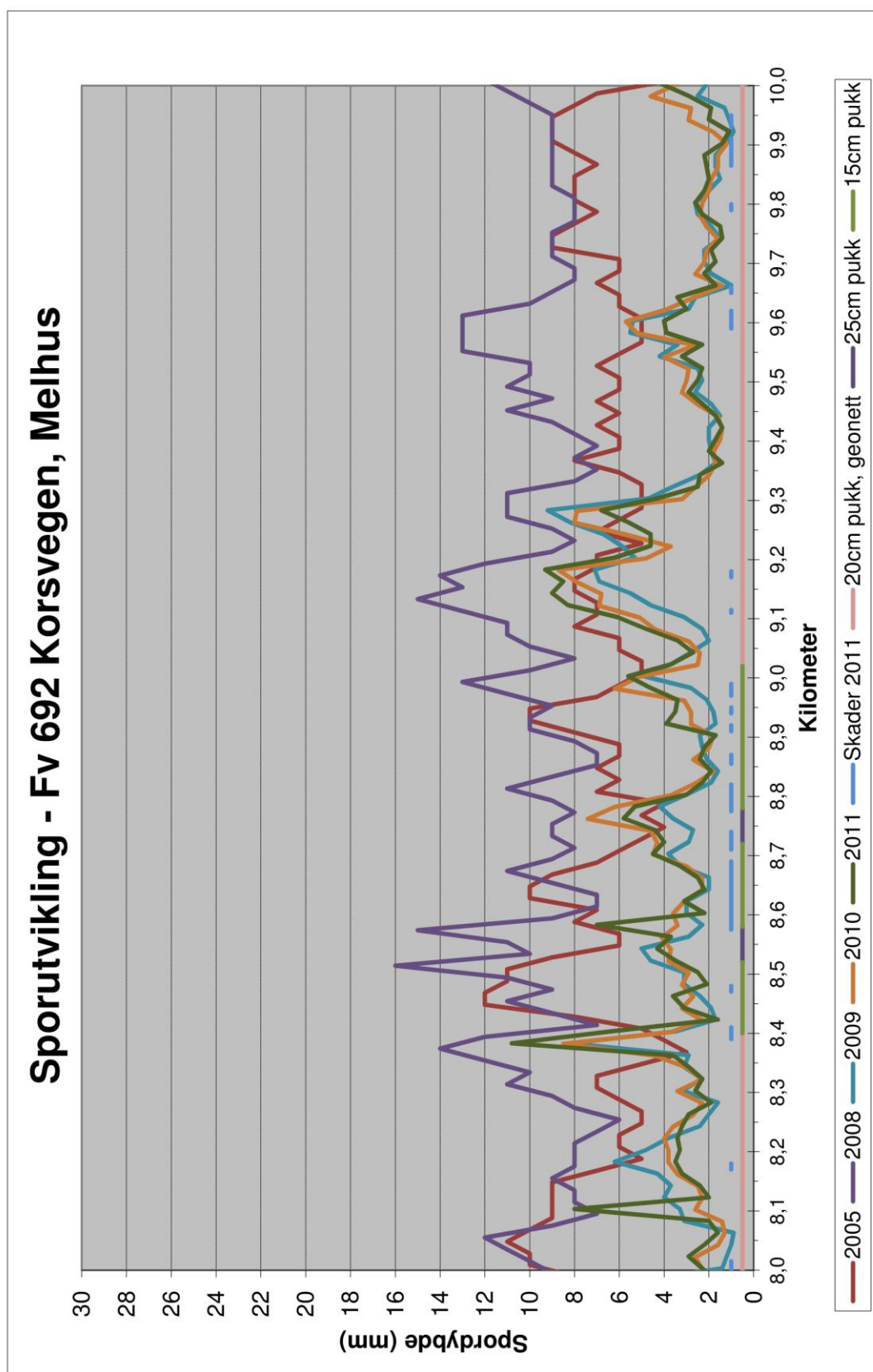


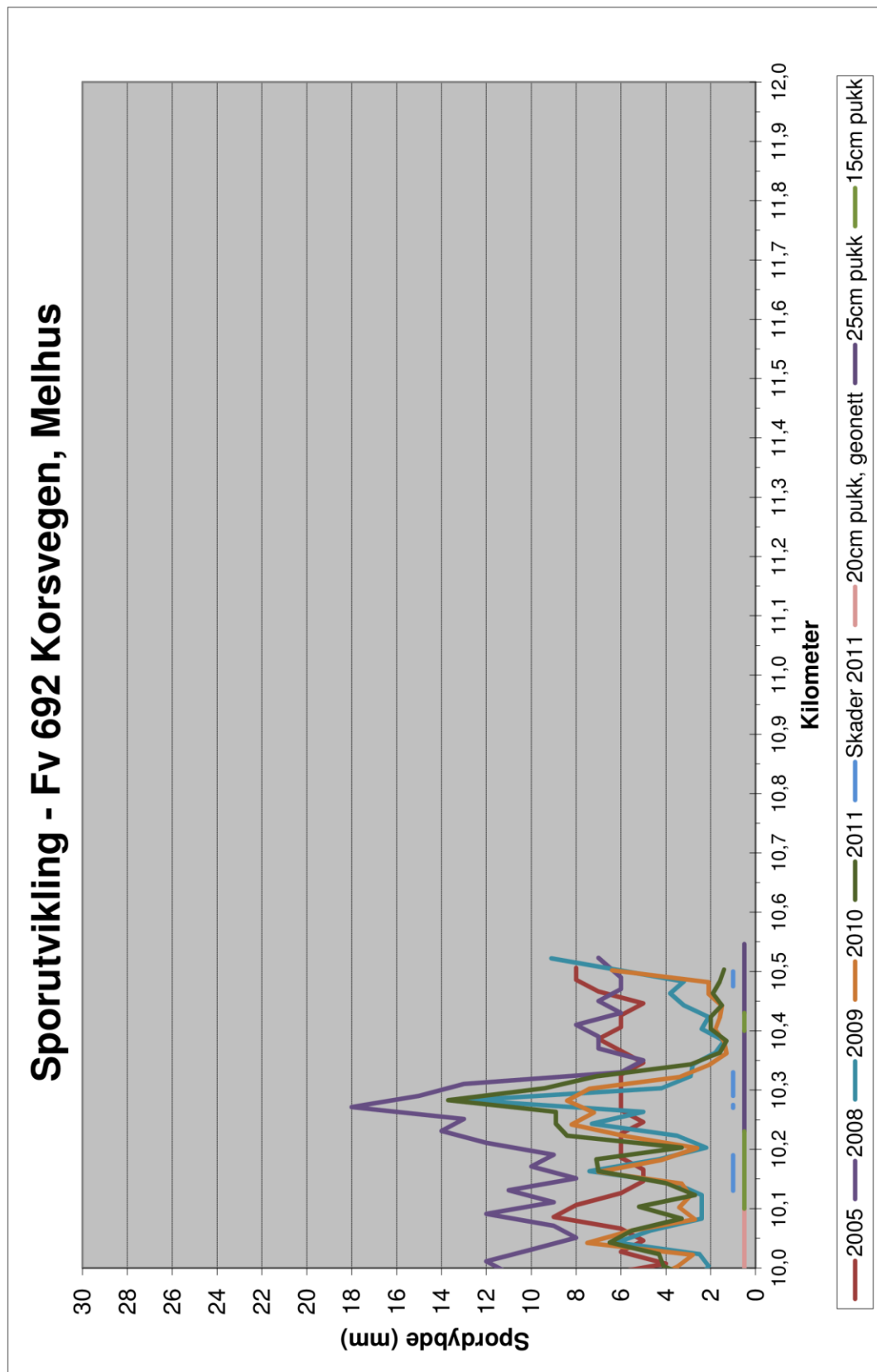


## Sporutvikling - Fv 410 Titranveien, Frøya





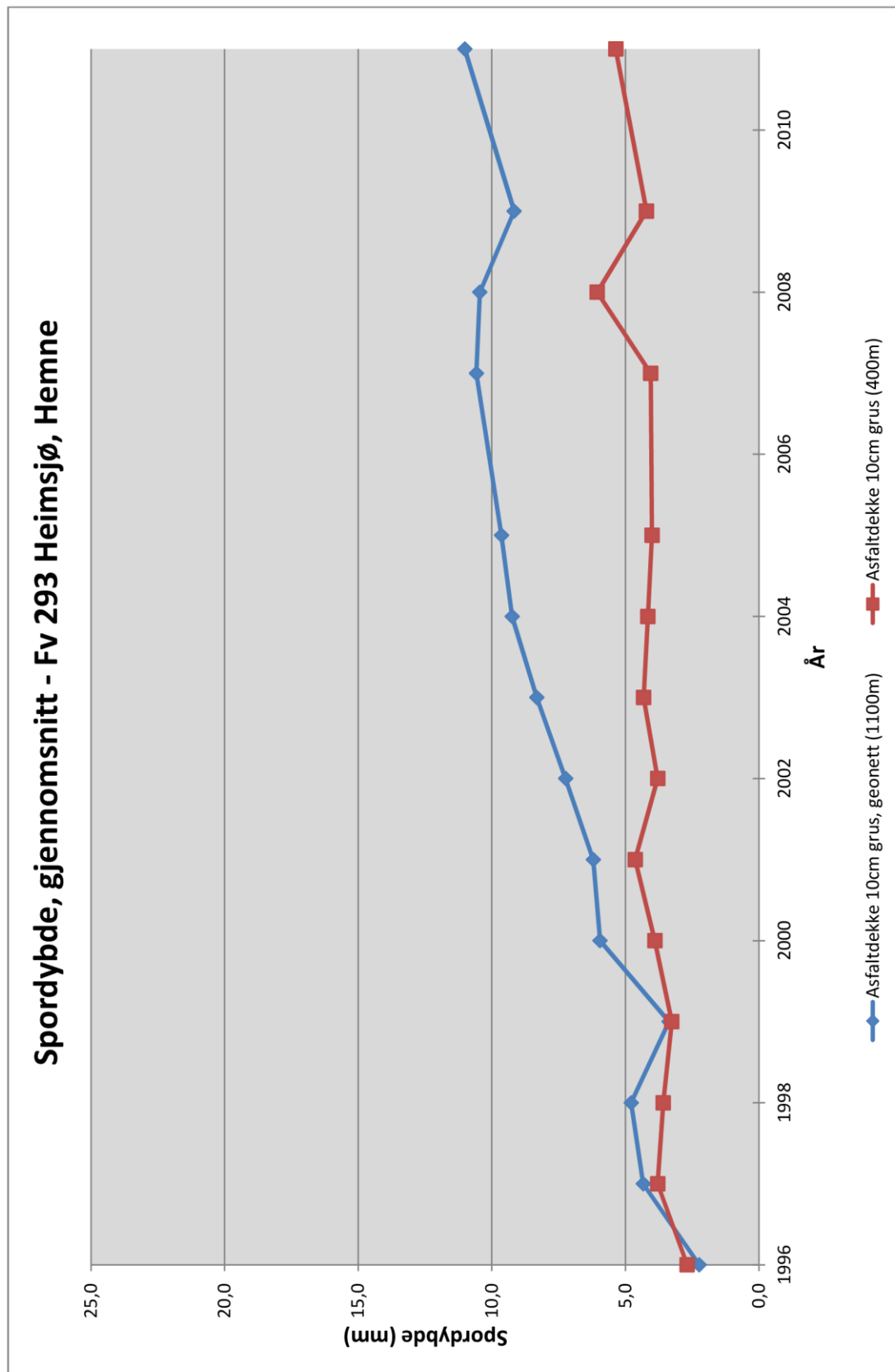


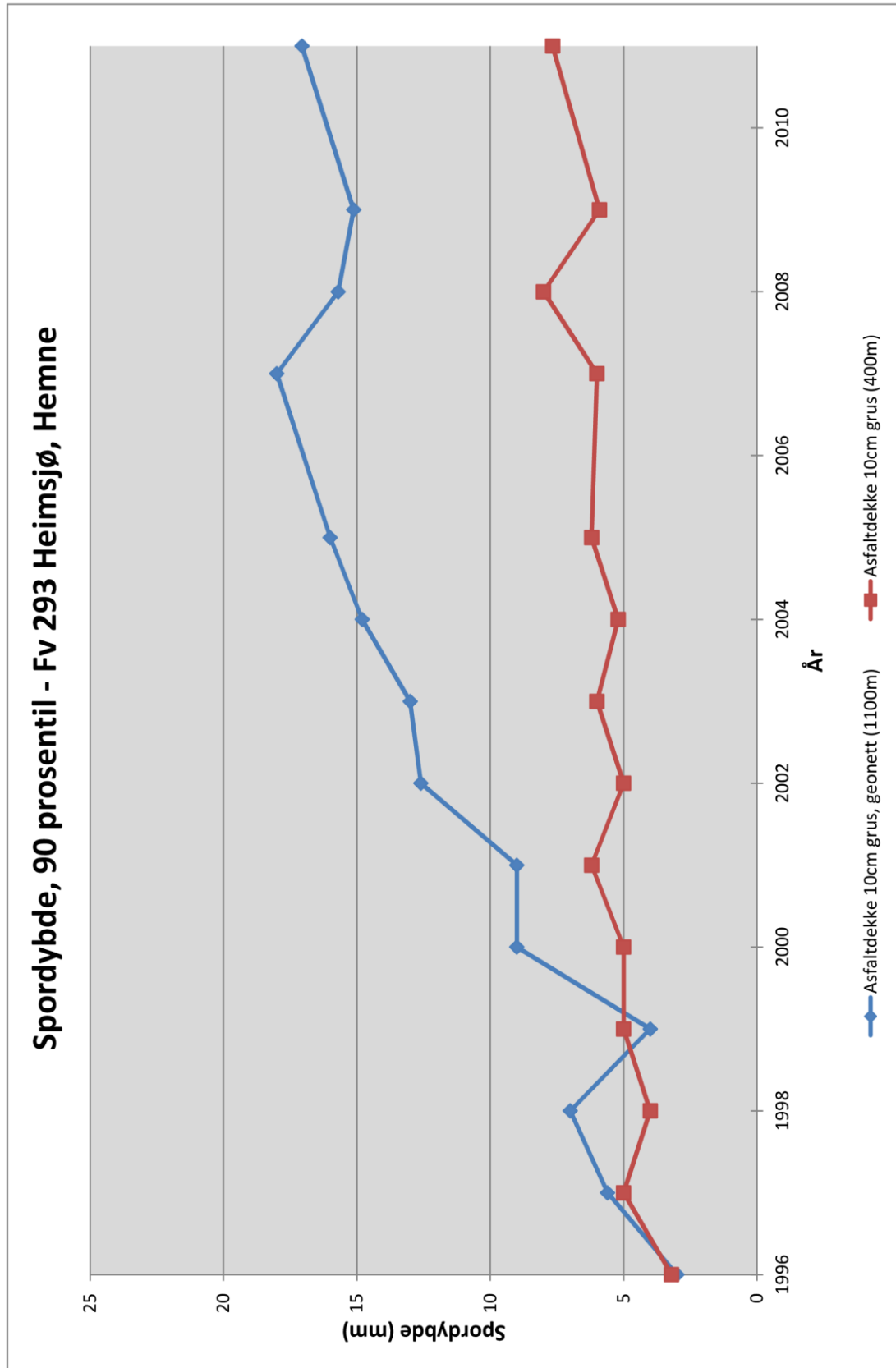


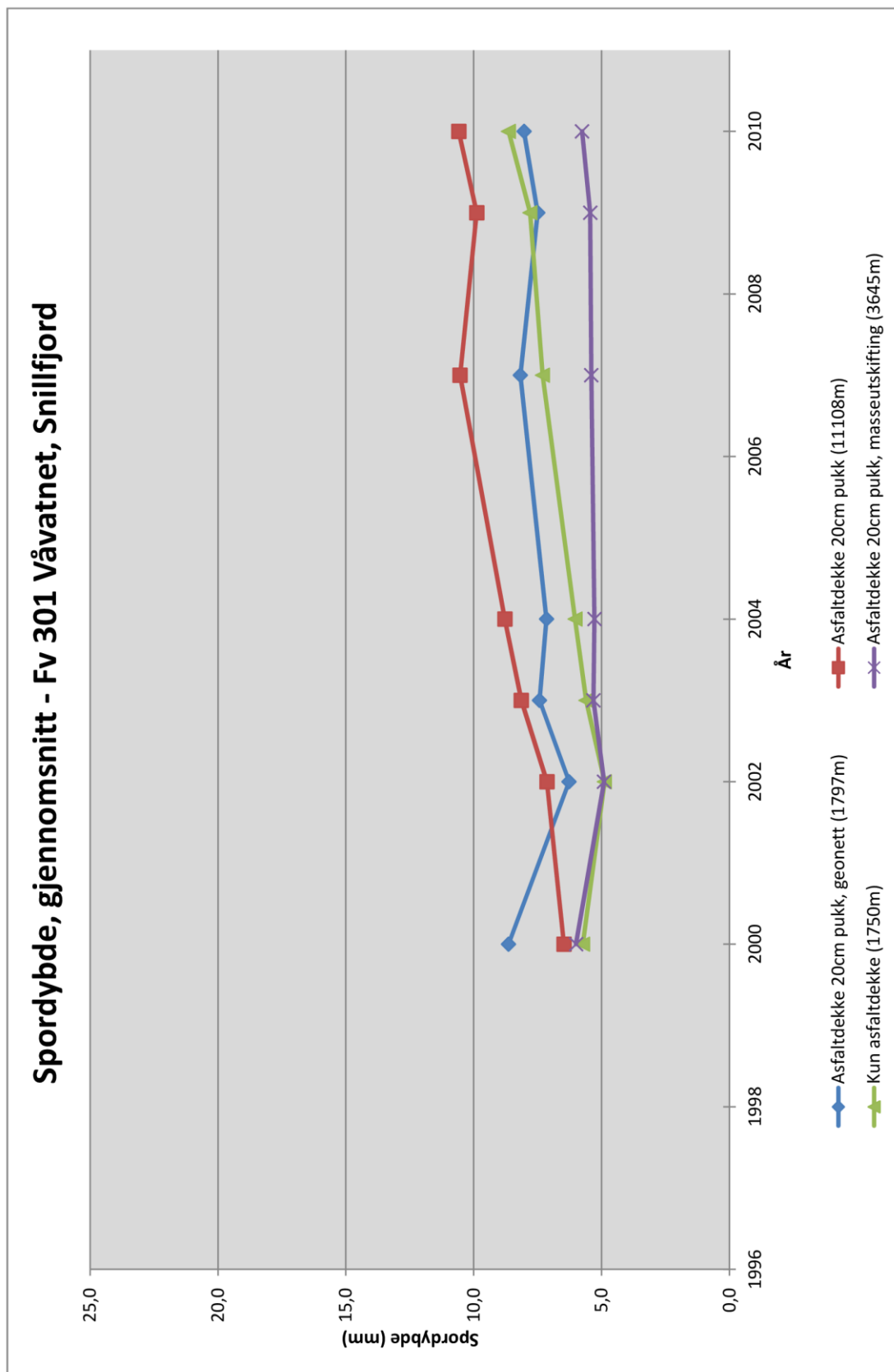
# **Bilag 2**

## **Utvikling av spordybder**

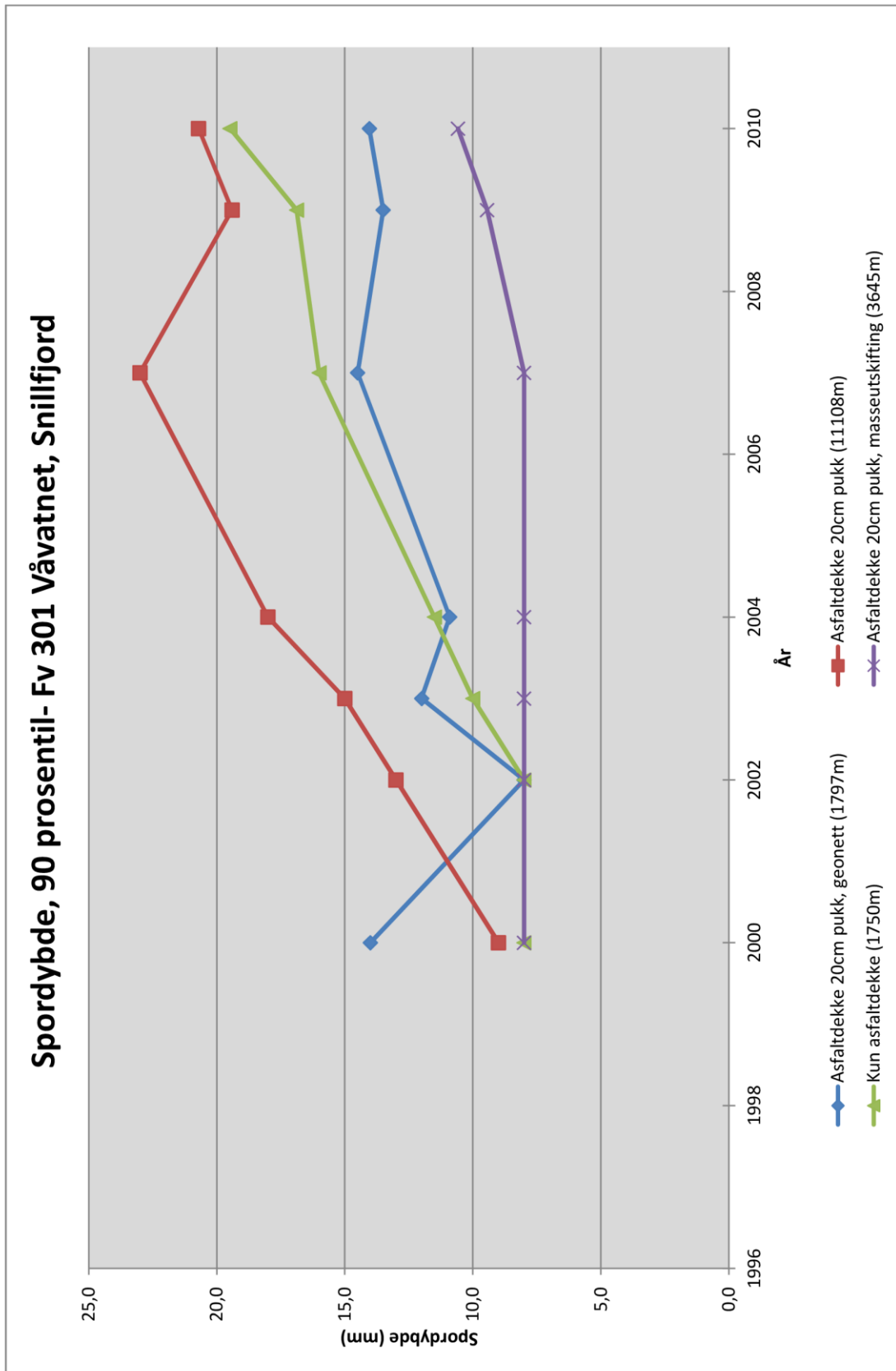
### **gjennomsnitt og 90 prosentil**

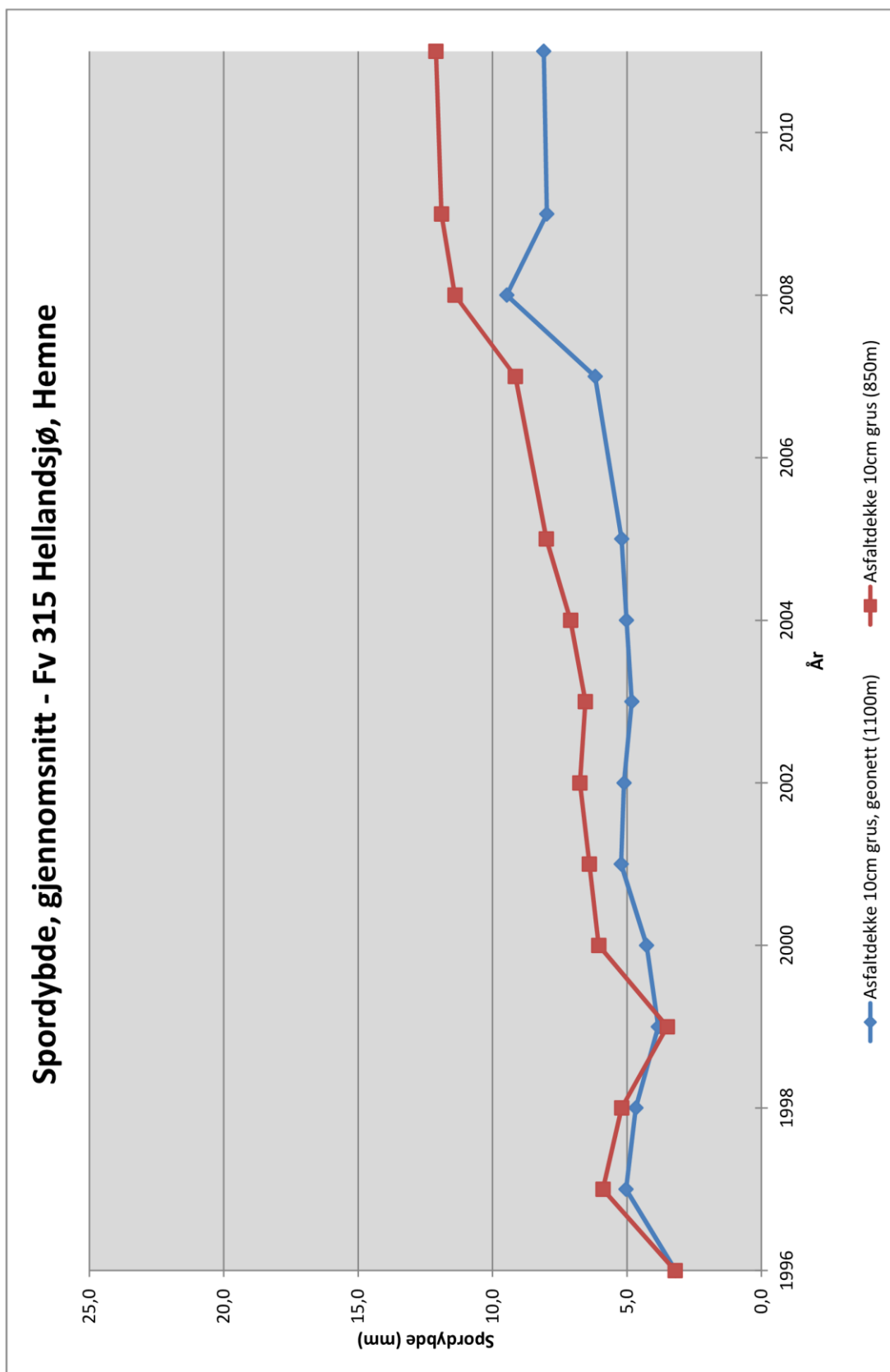


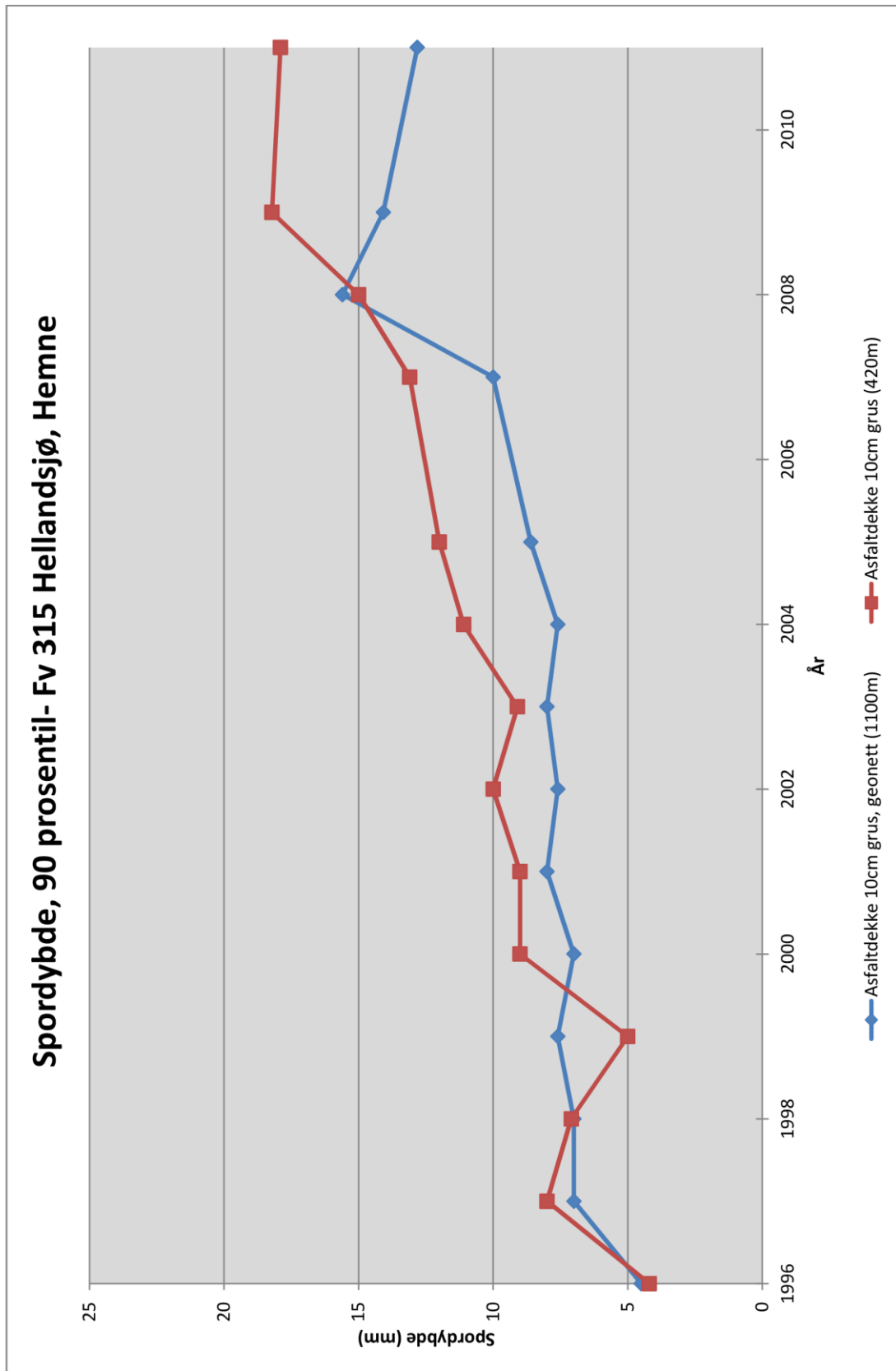


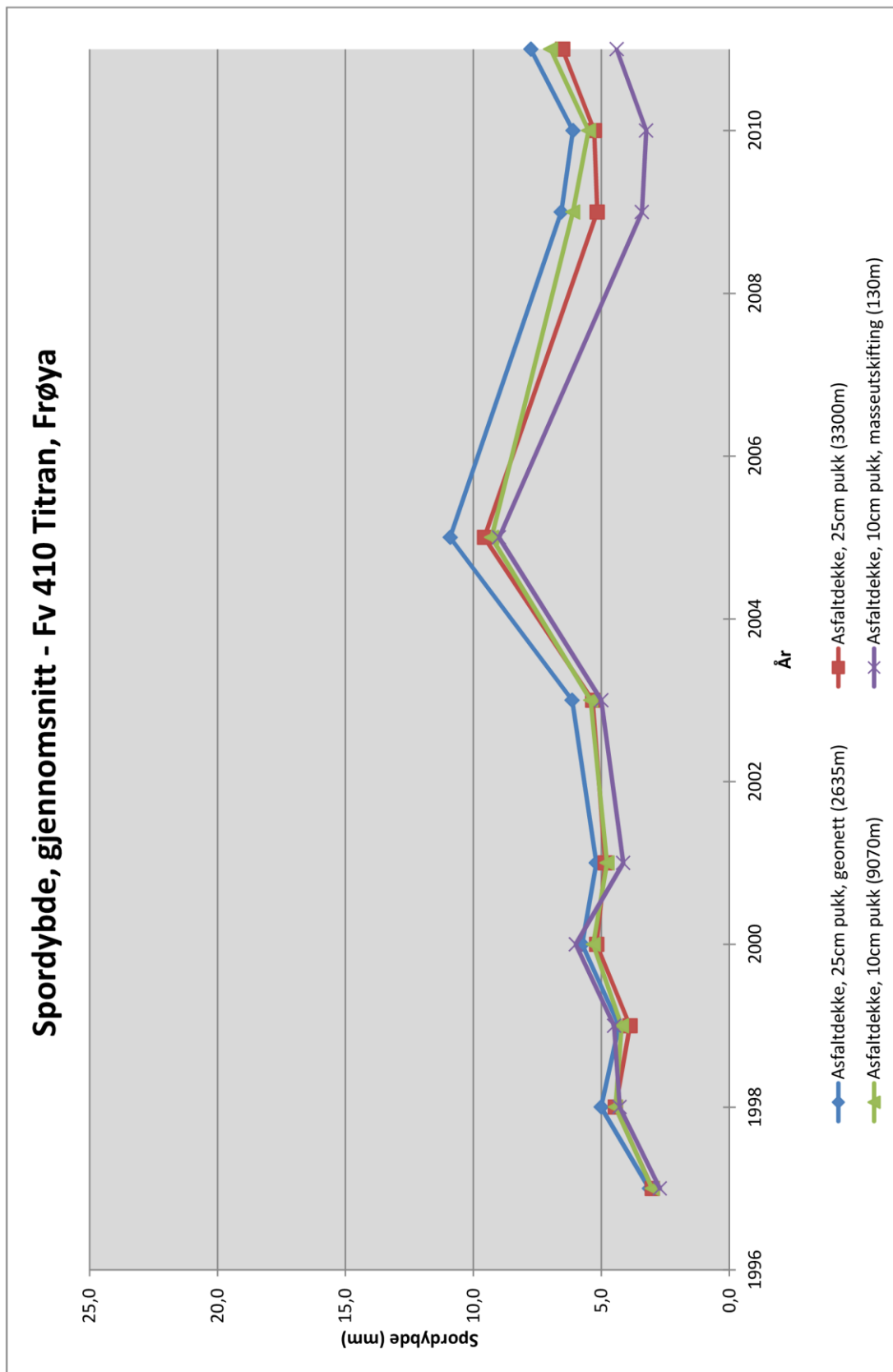


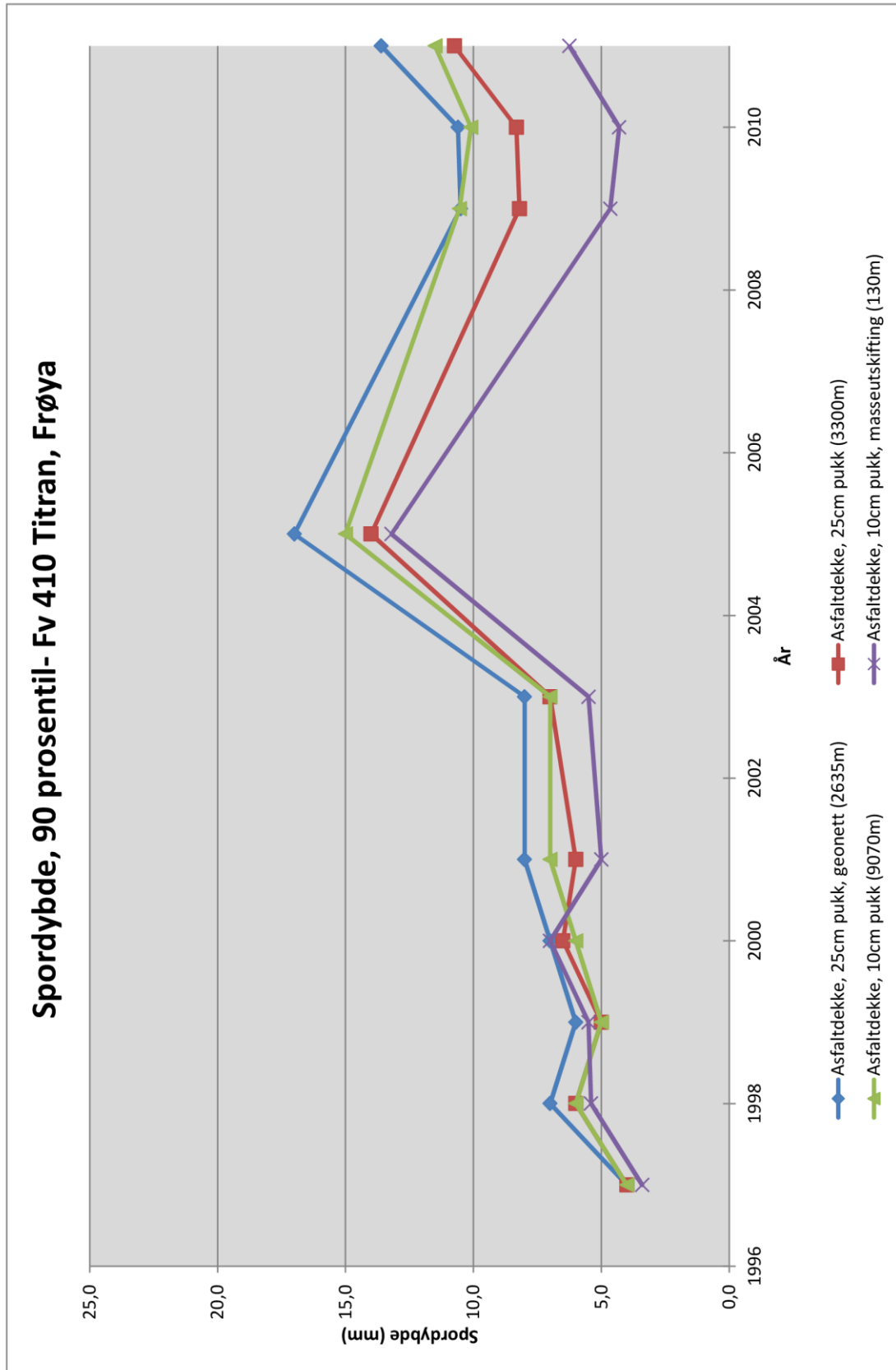


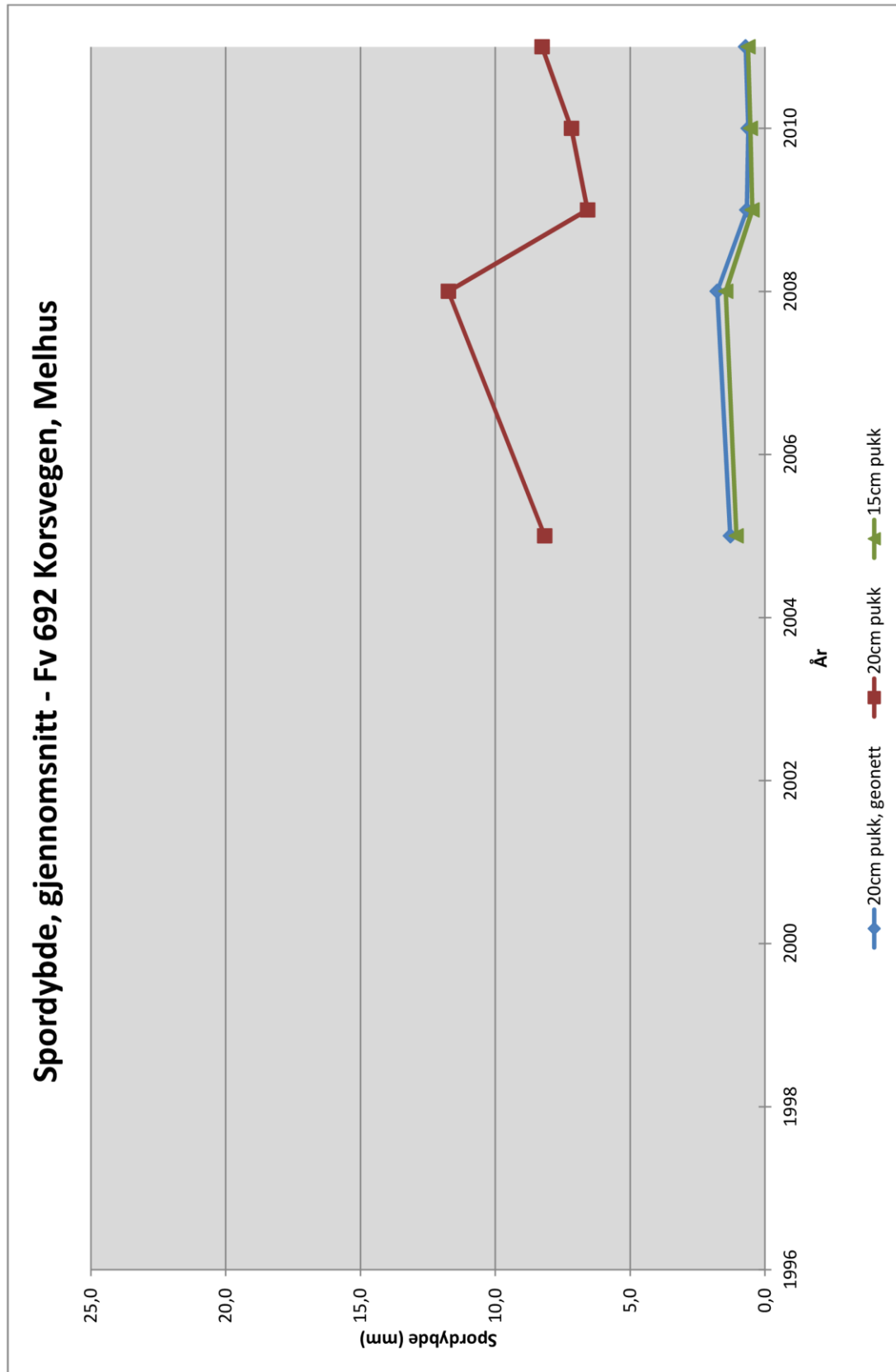


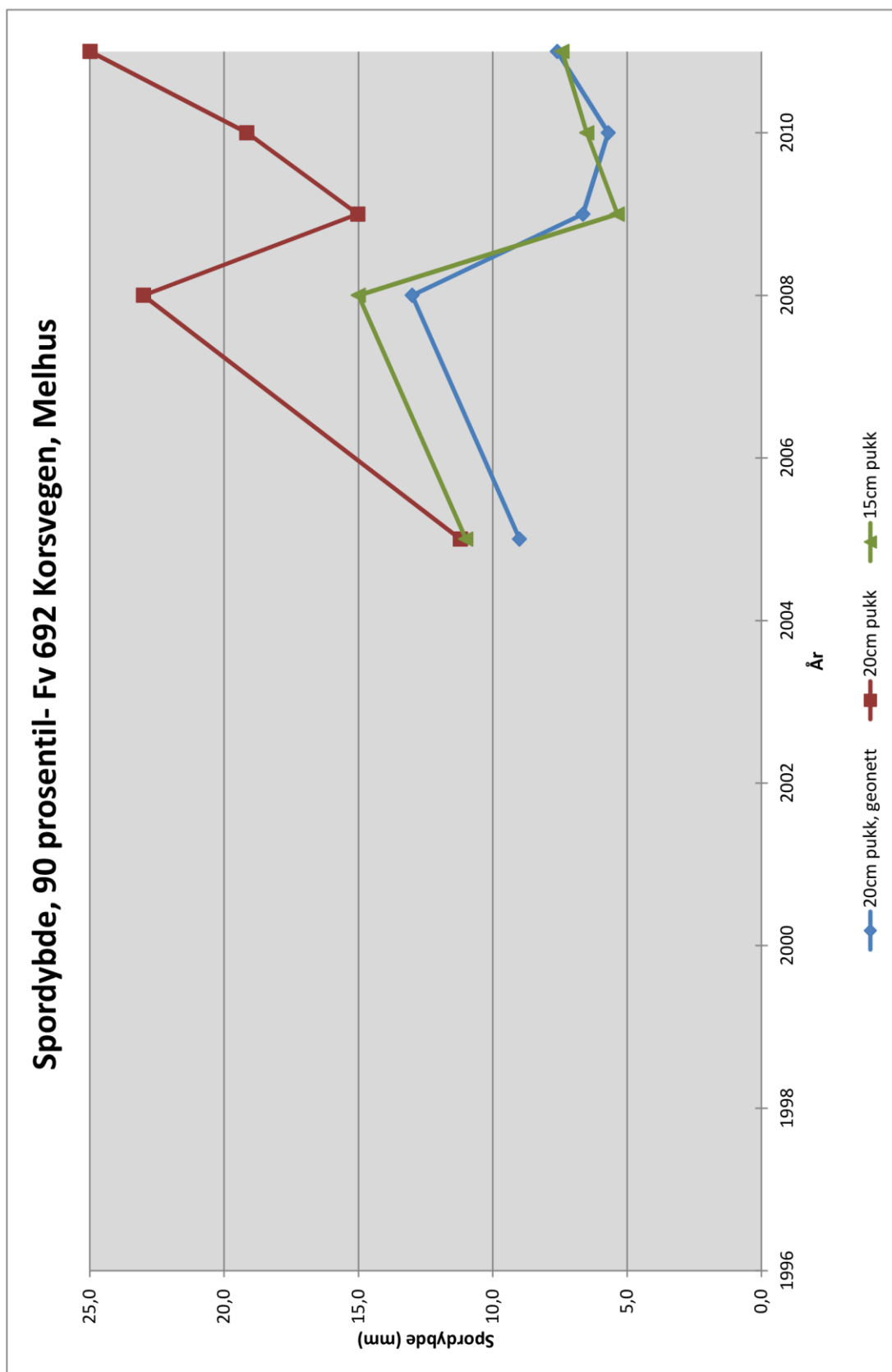










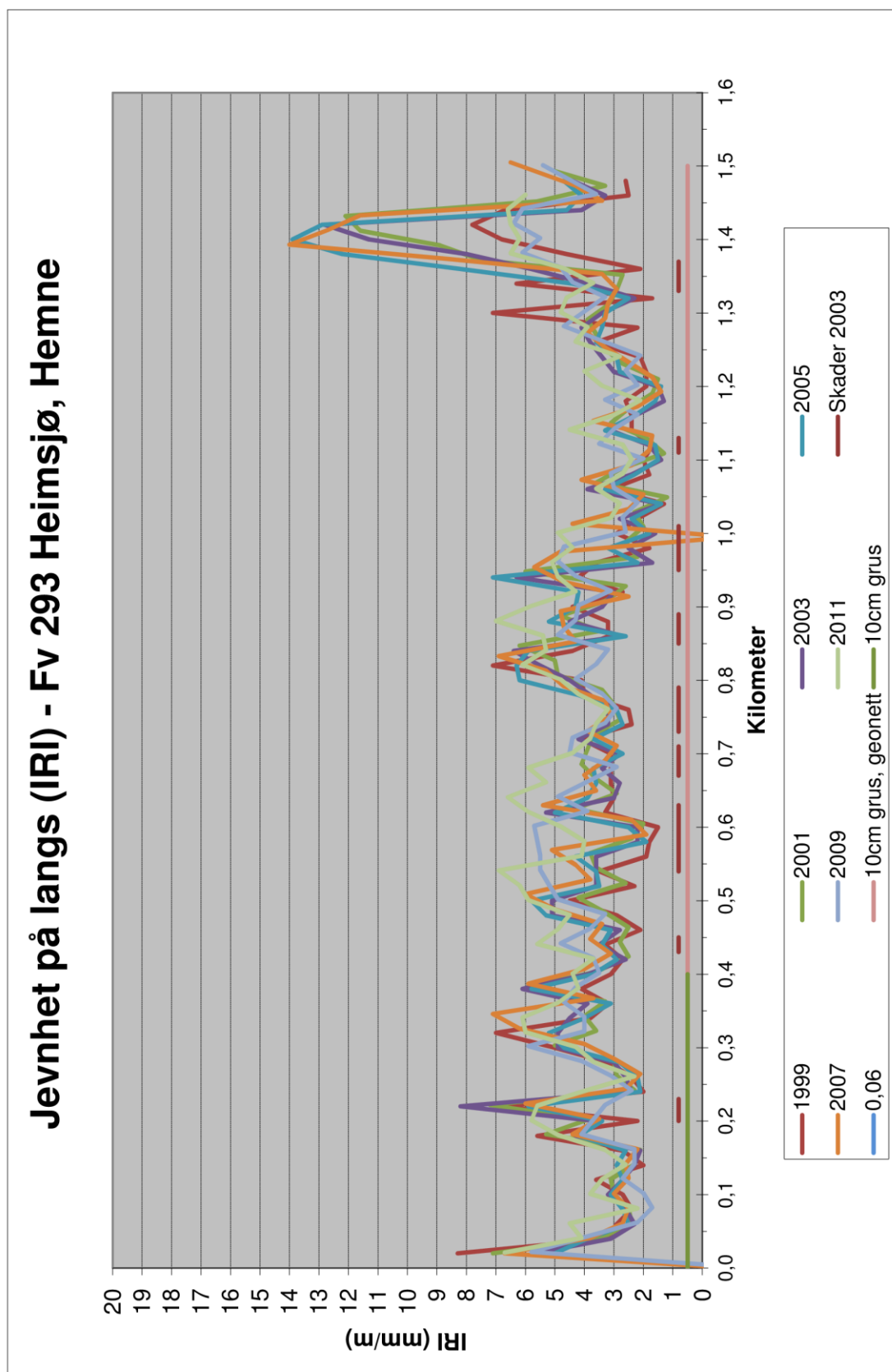


Bilag 2  
Utvikling av spordybder

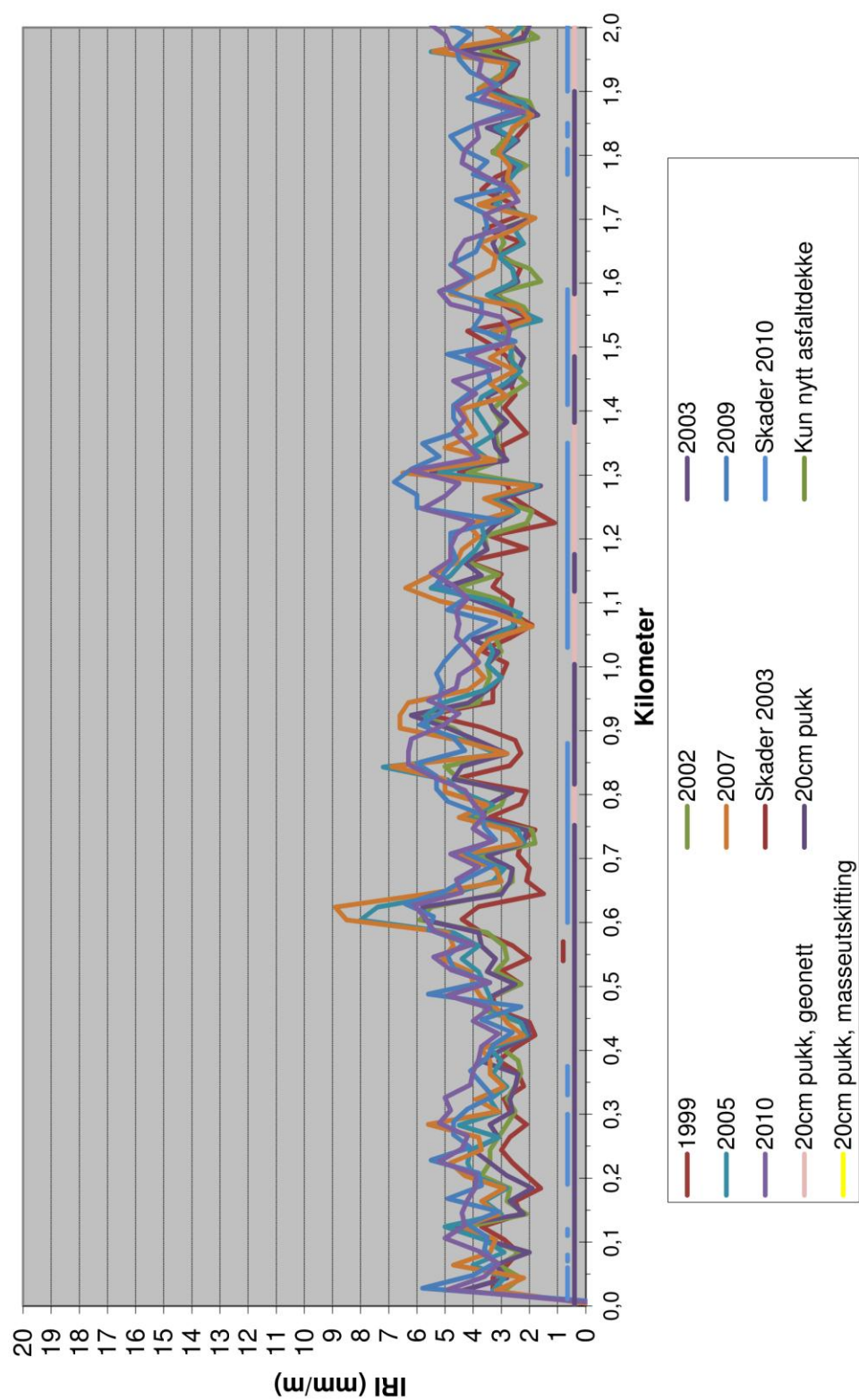


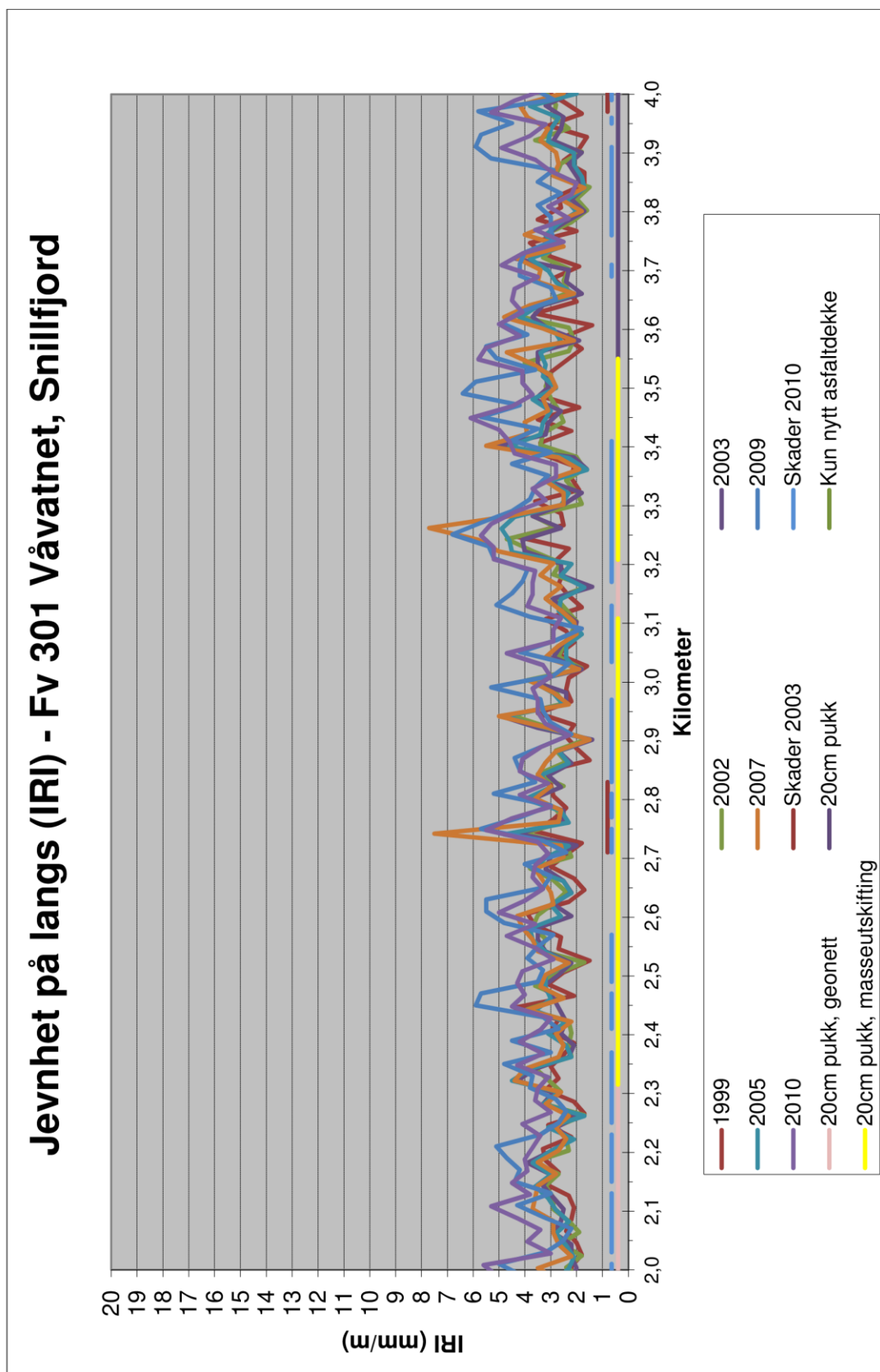
## **Bilag 3**

# **Jevnhet på langs (IRI)**

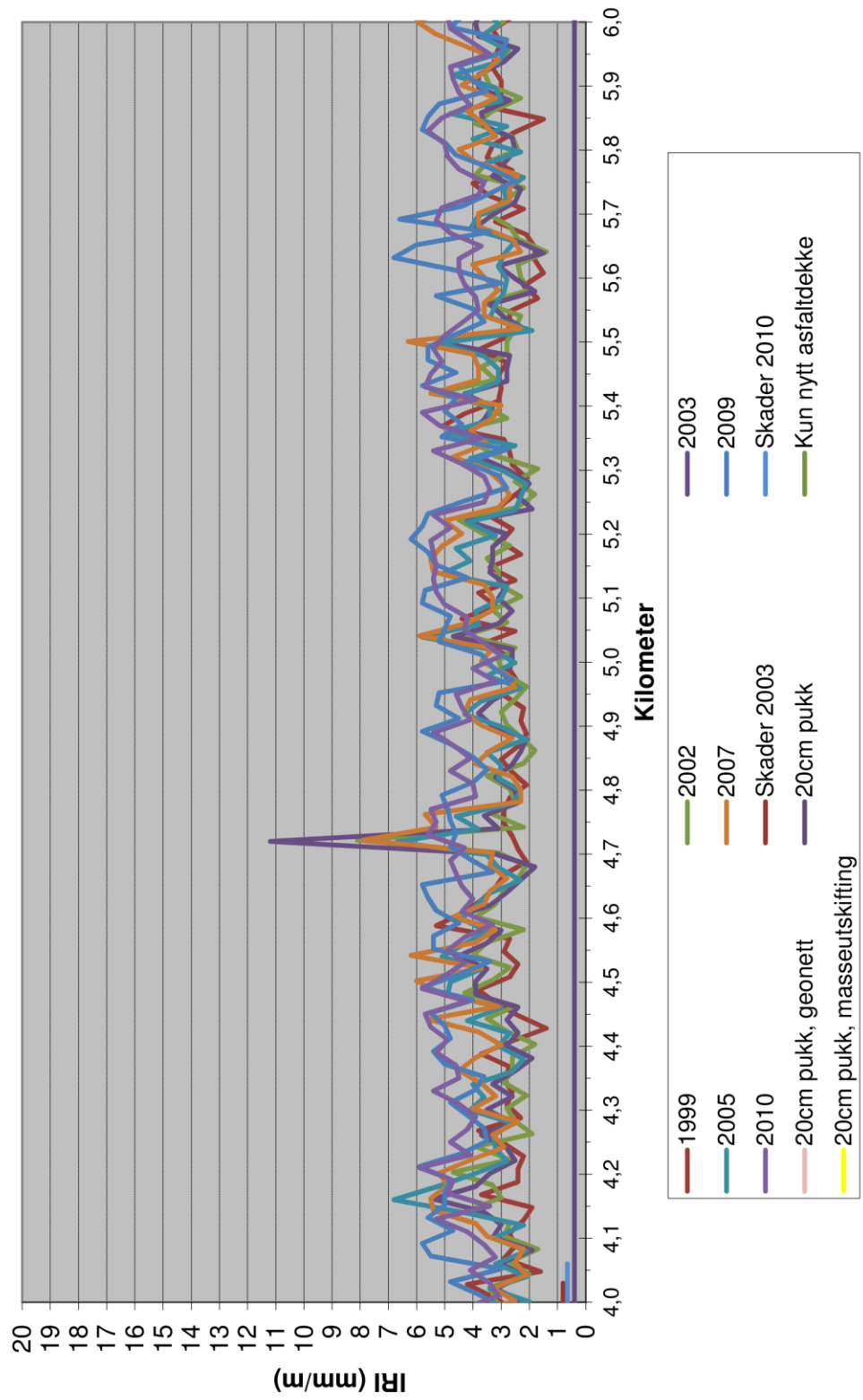


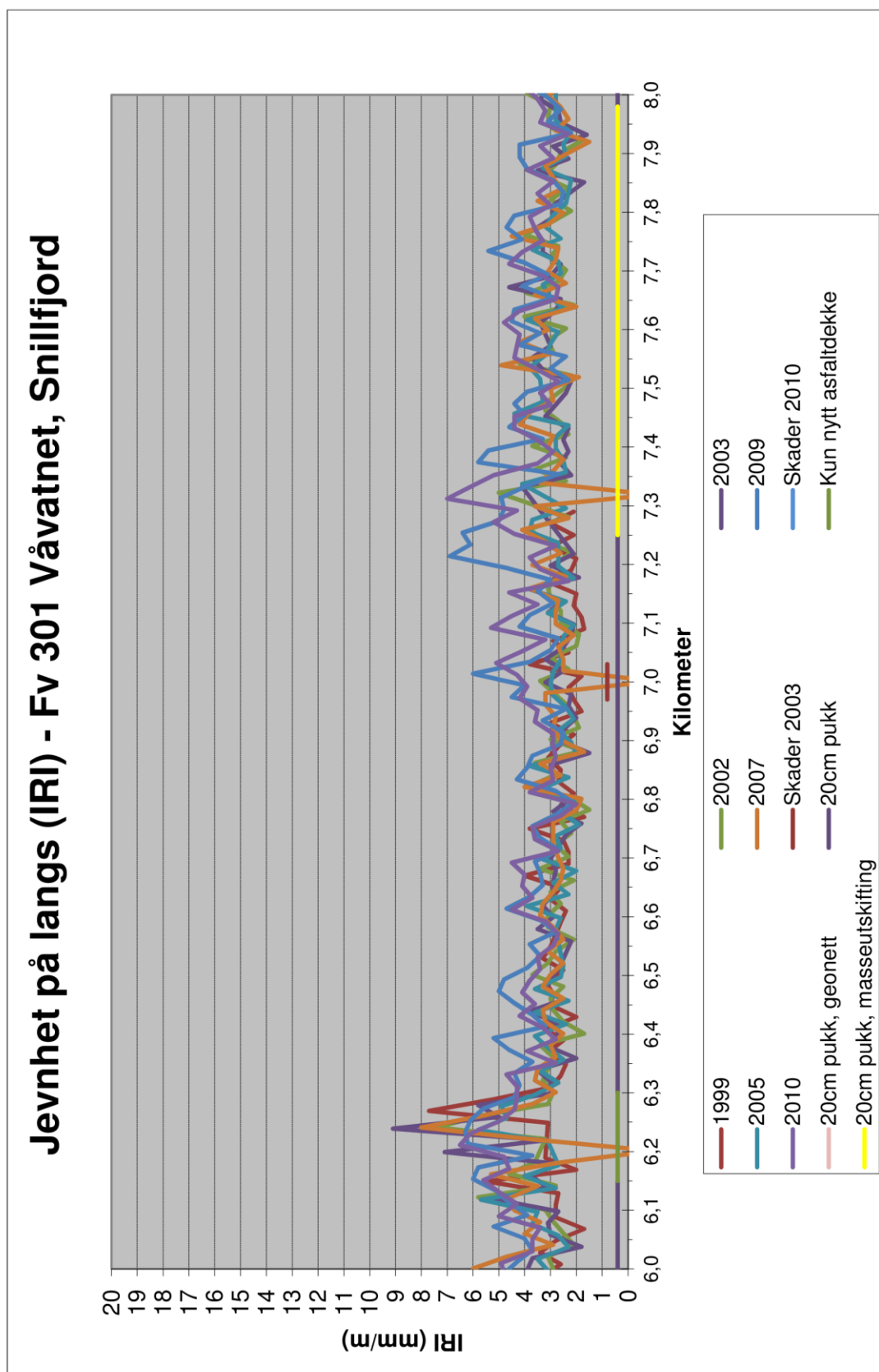
## Jevnhet på langs (IRI) - Fv 301 Våvatnet, Snillfjord



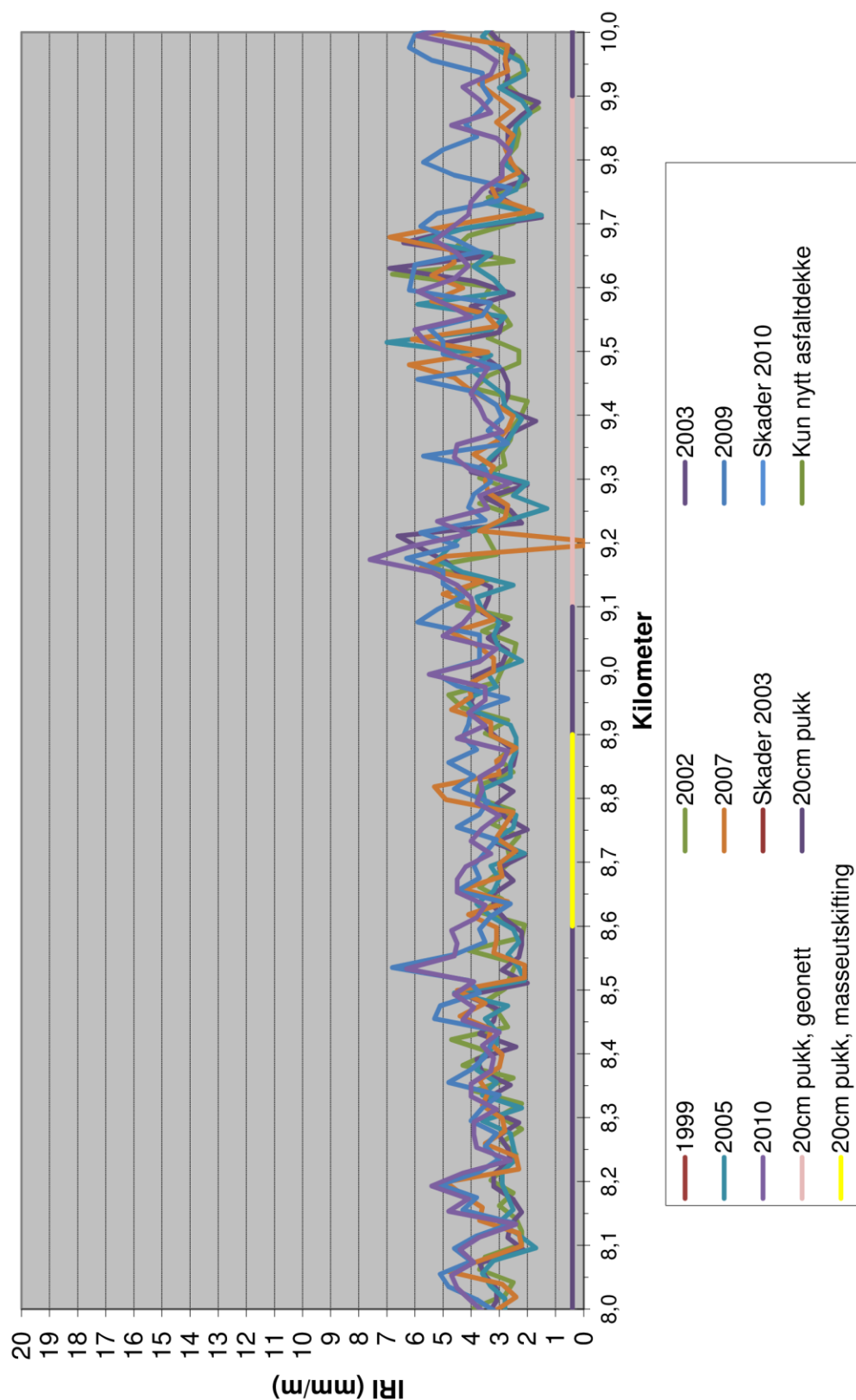


## Jevnhet på langs (IRI) - Fv 301 Våvatnet, Snillfjord

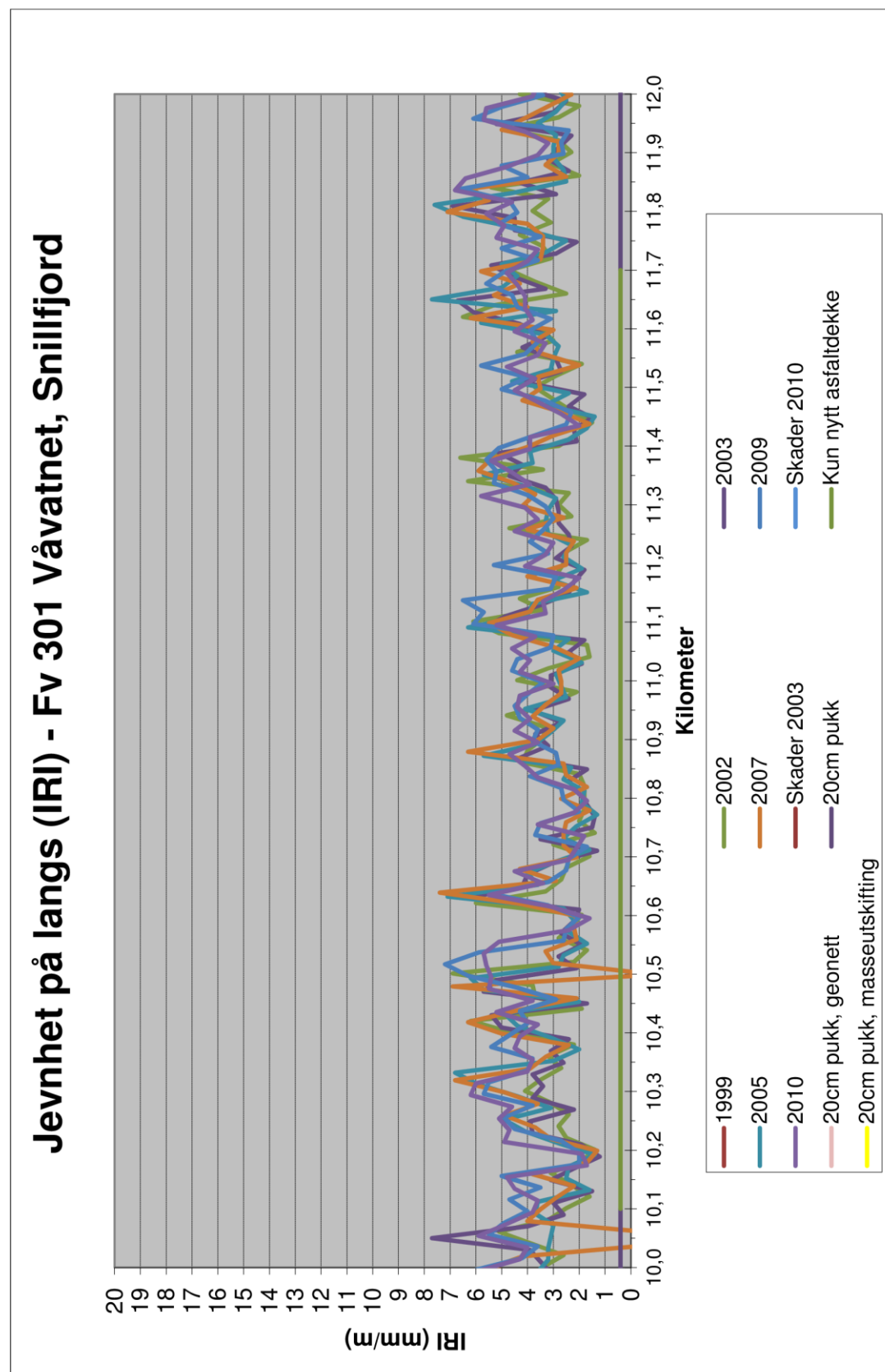




## Jevnhet på langs (IRI) - Fv 301 Våvatnet, Snillfjord

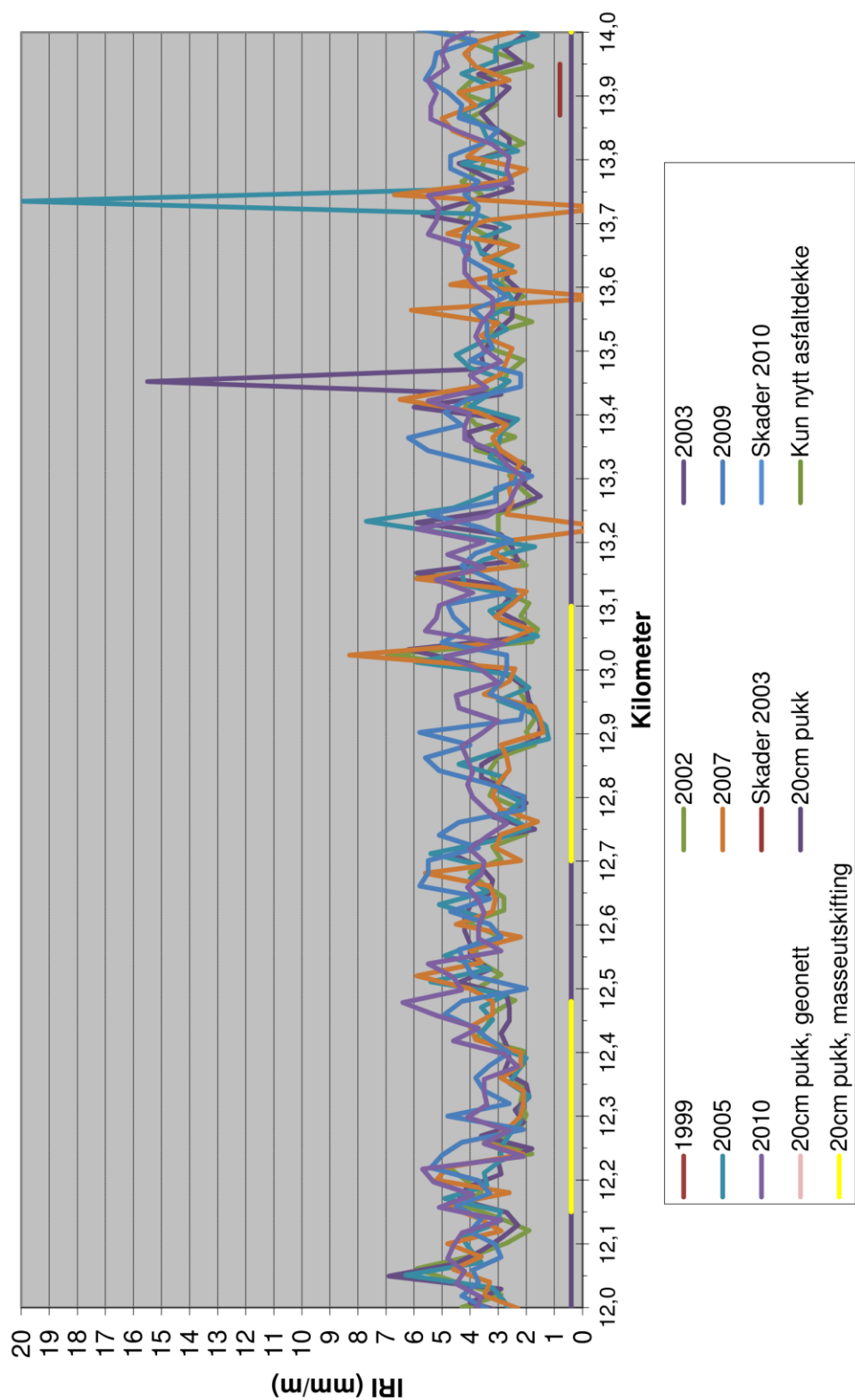


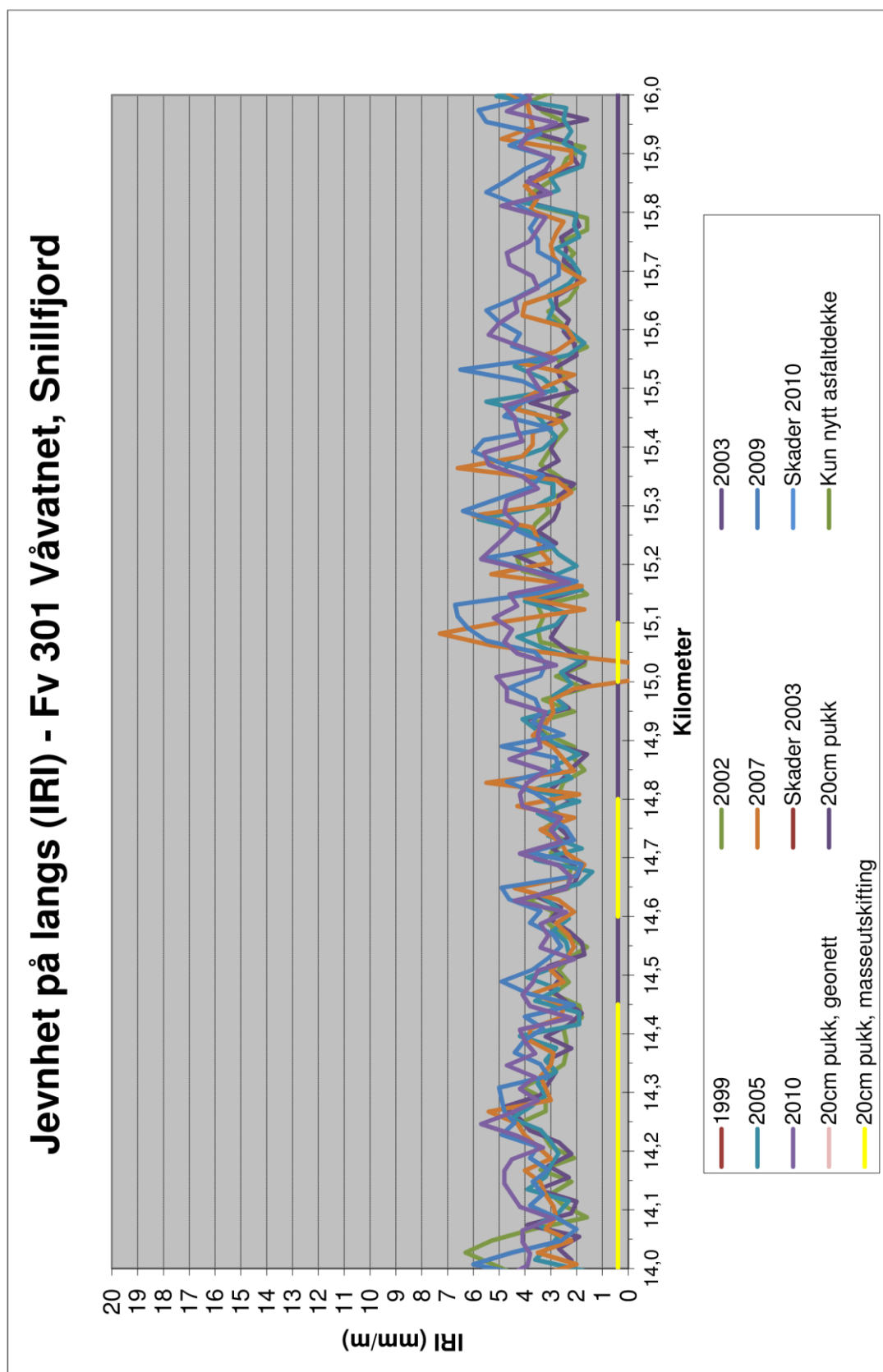




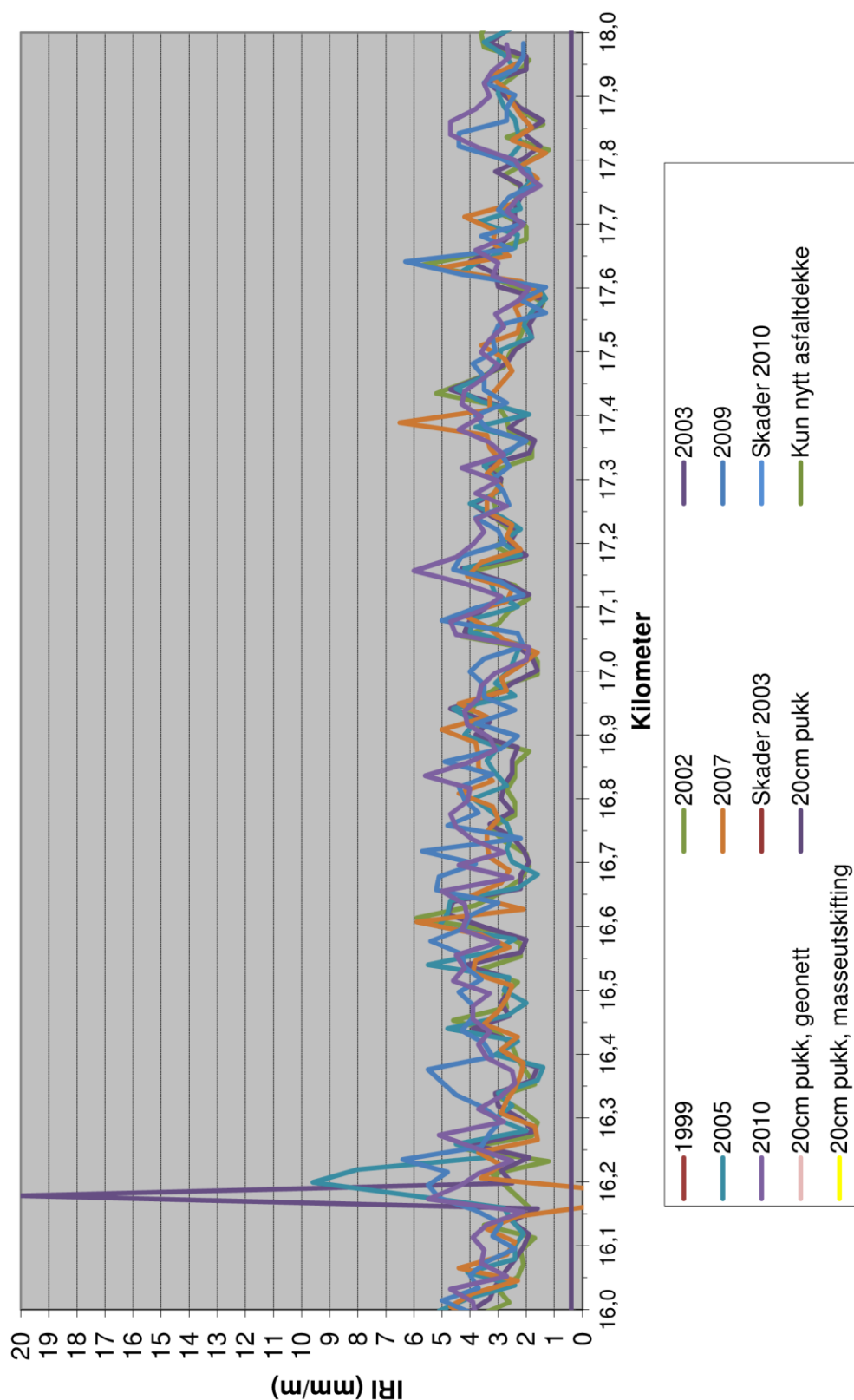


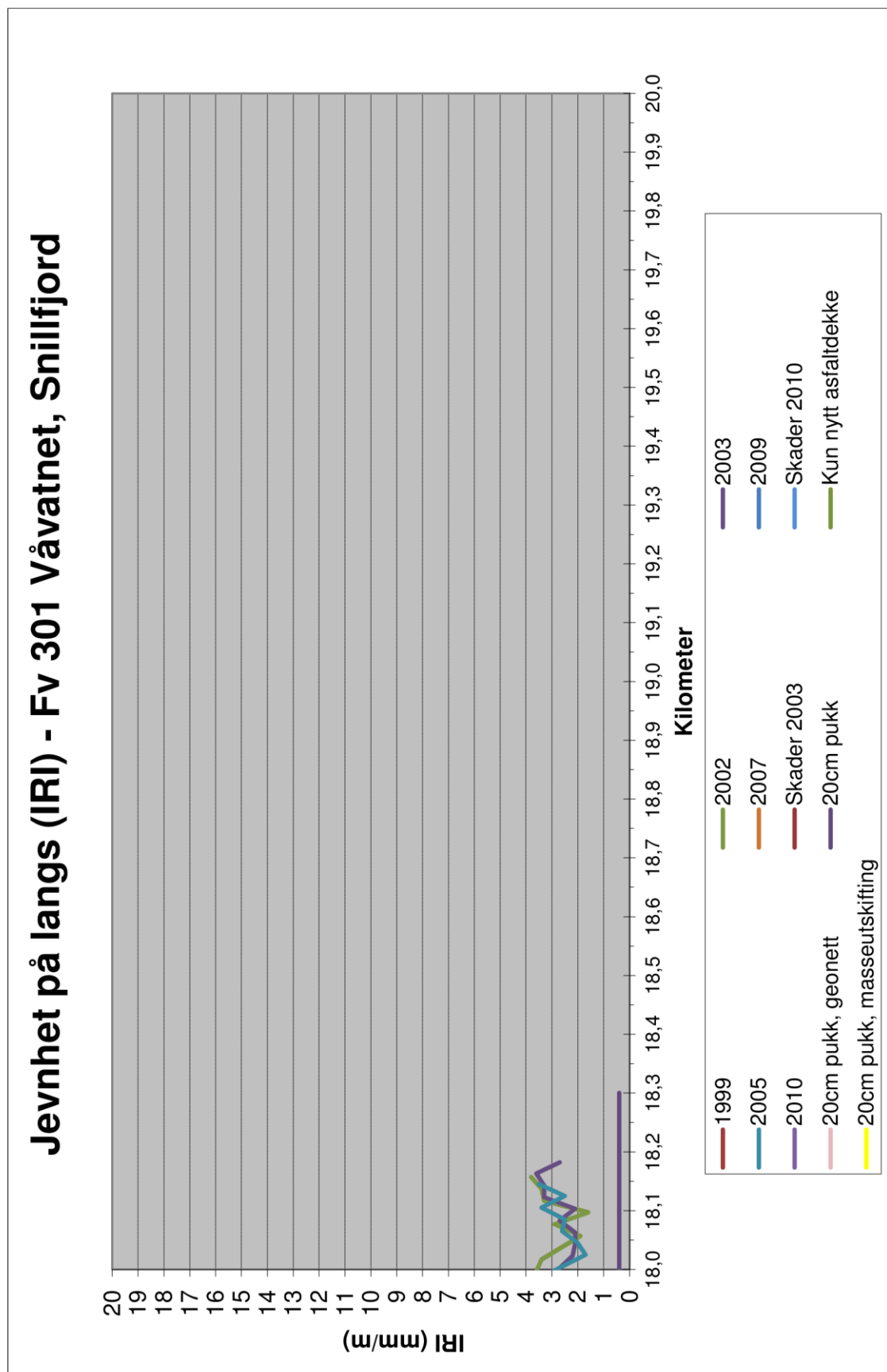
## Jevnhet på langs (IRI) - Fv 301 Våvatnet, Snillfjord

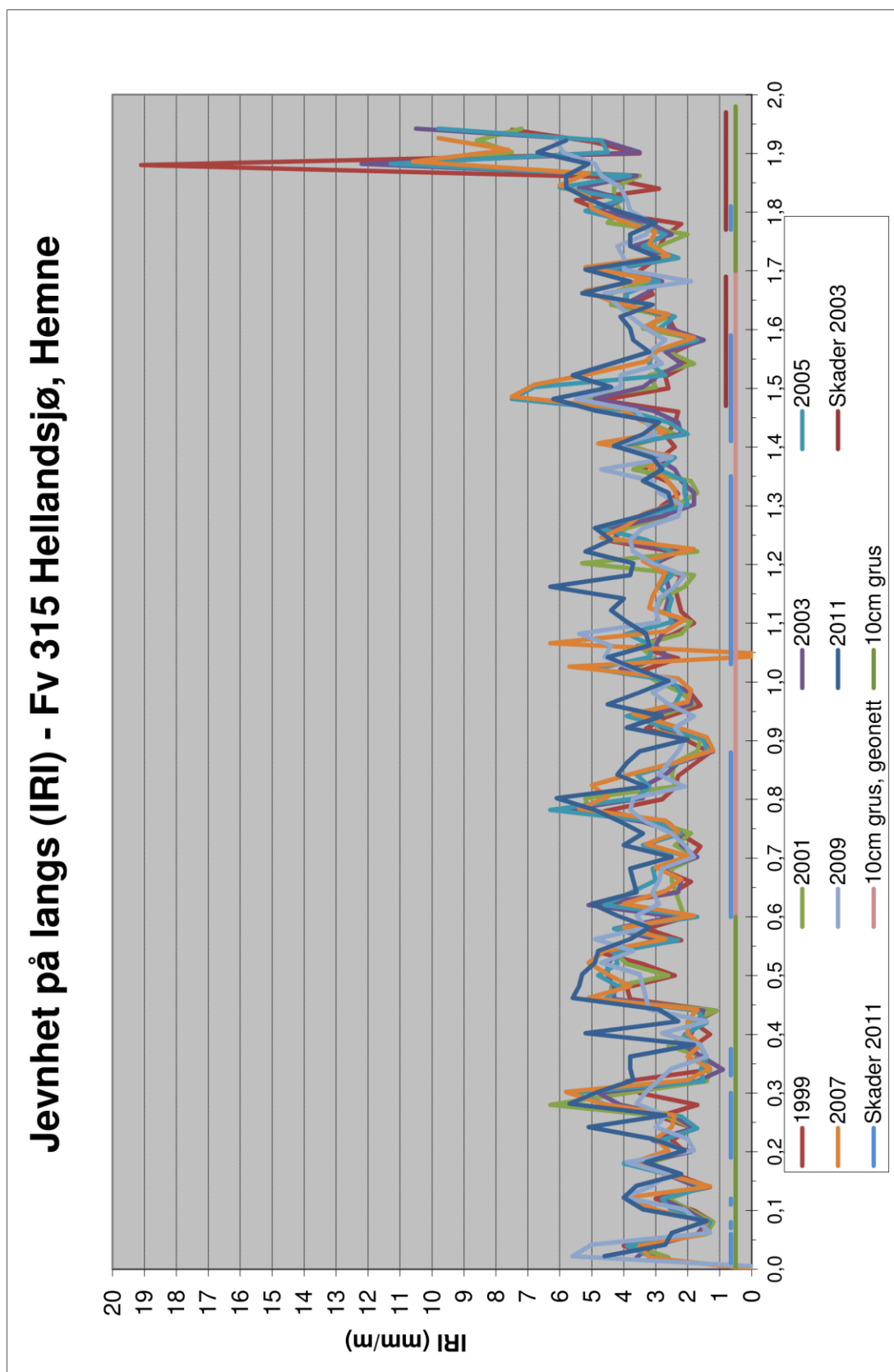


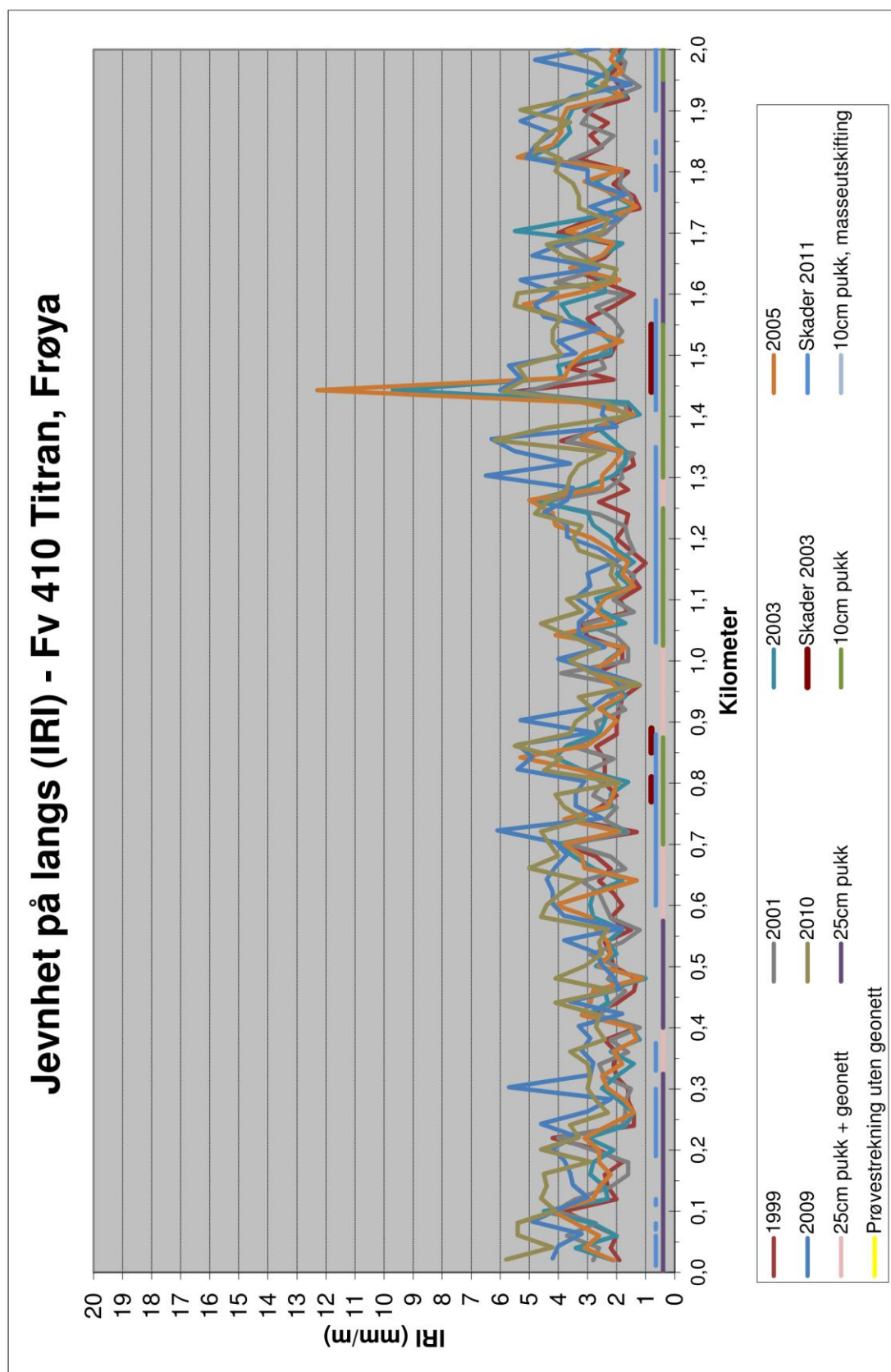


## Jevnhet på langs (IRI) - Fv 301 Våvatnet, Snillfjord

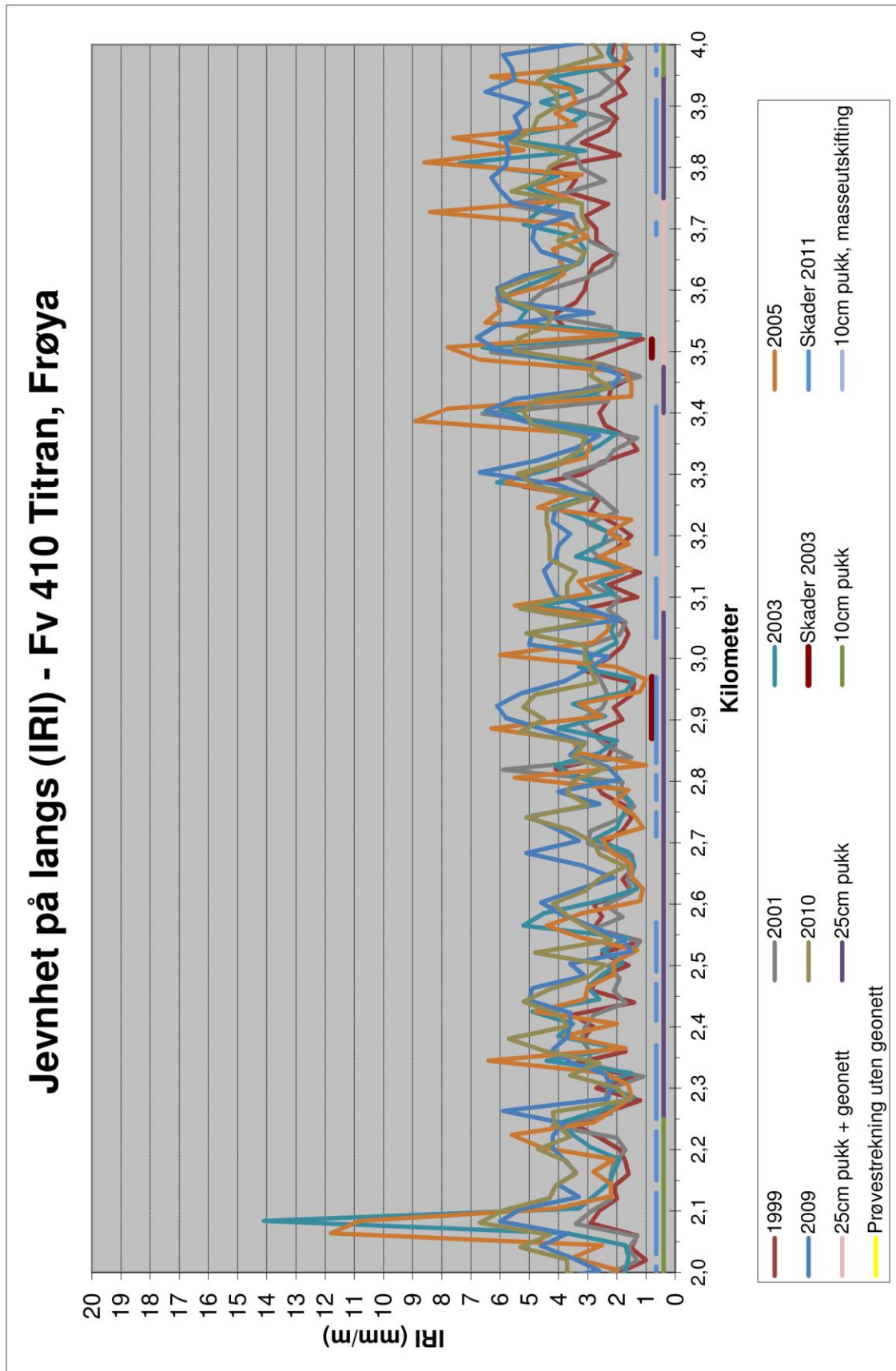


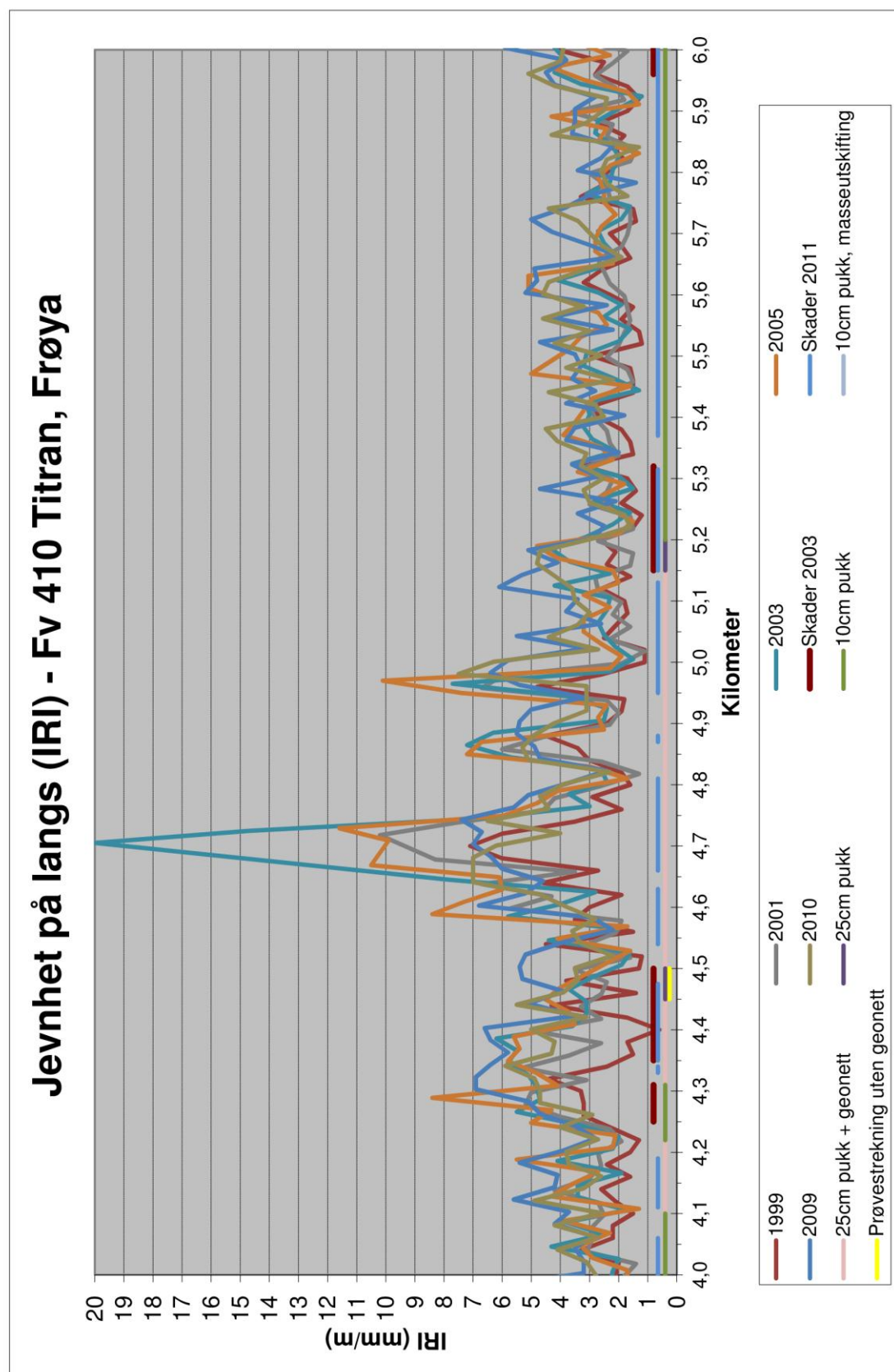




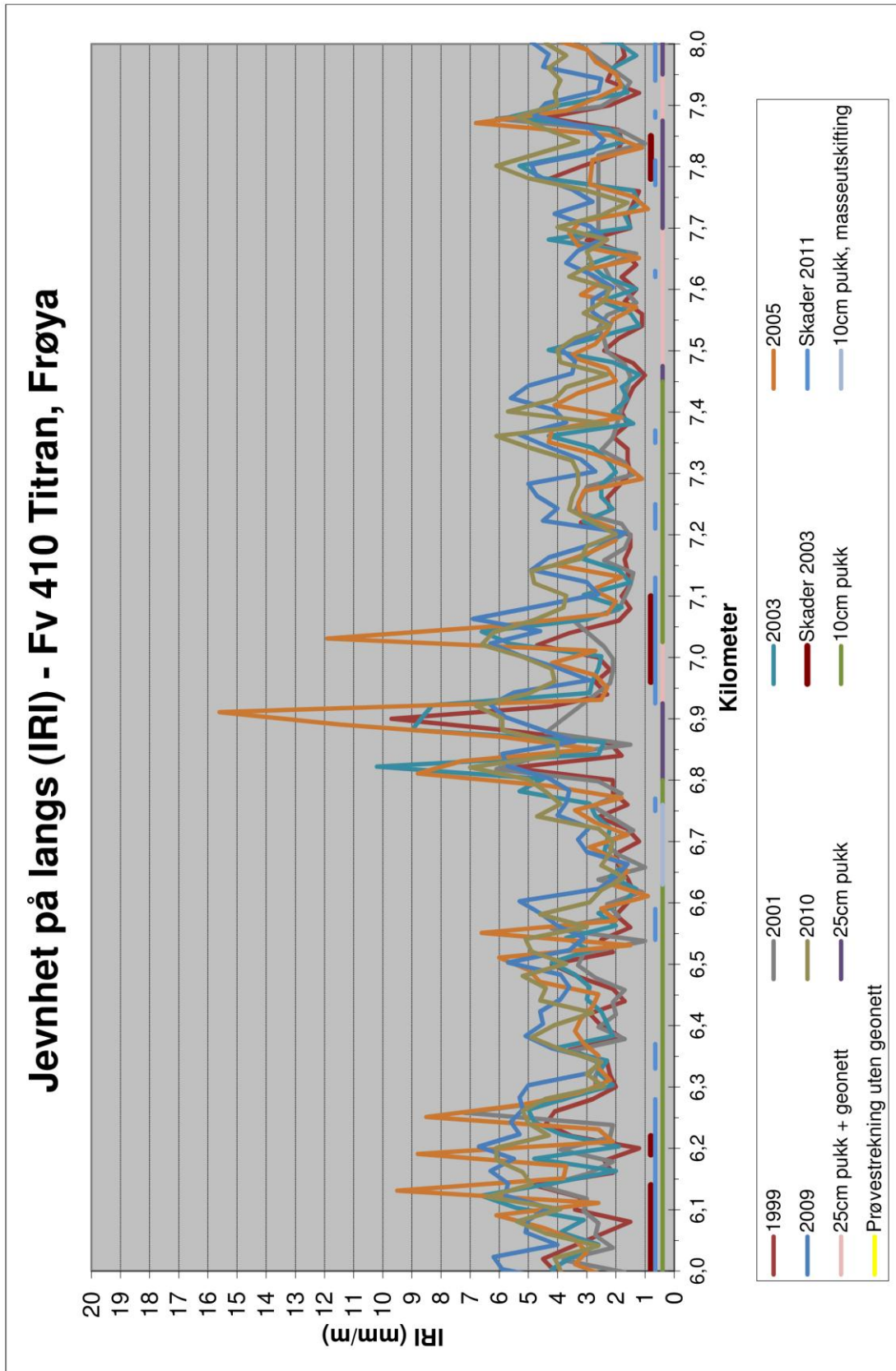


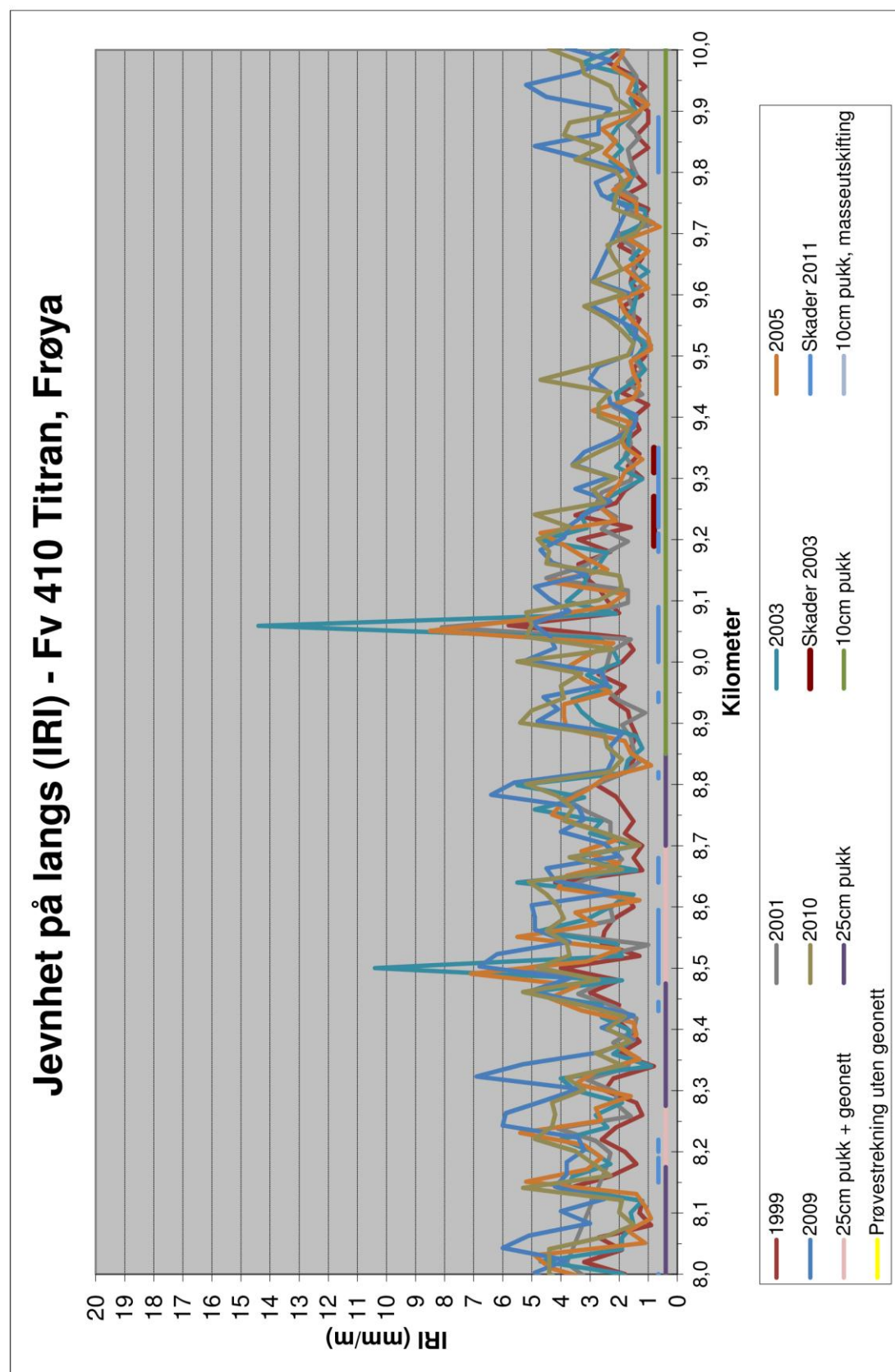


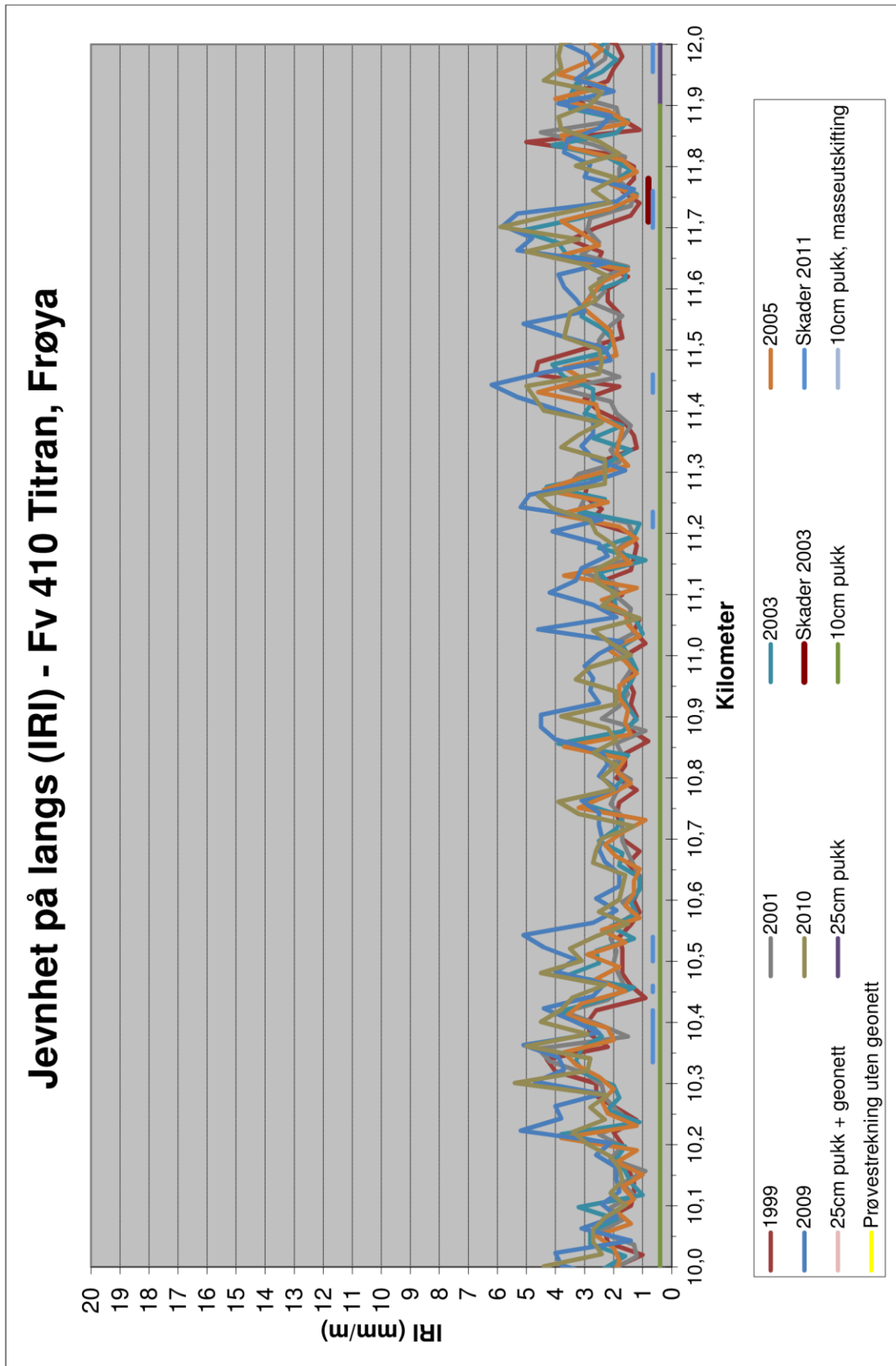


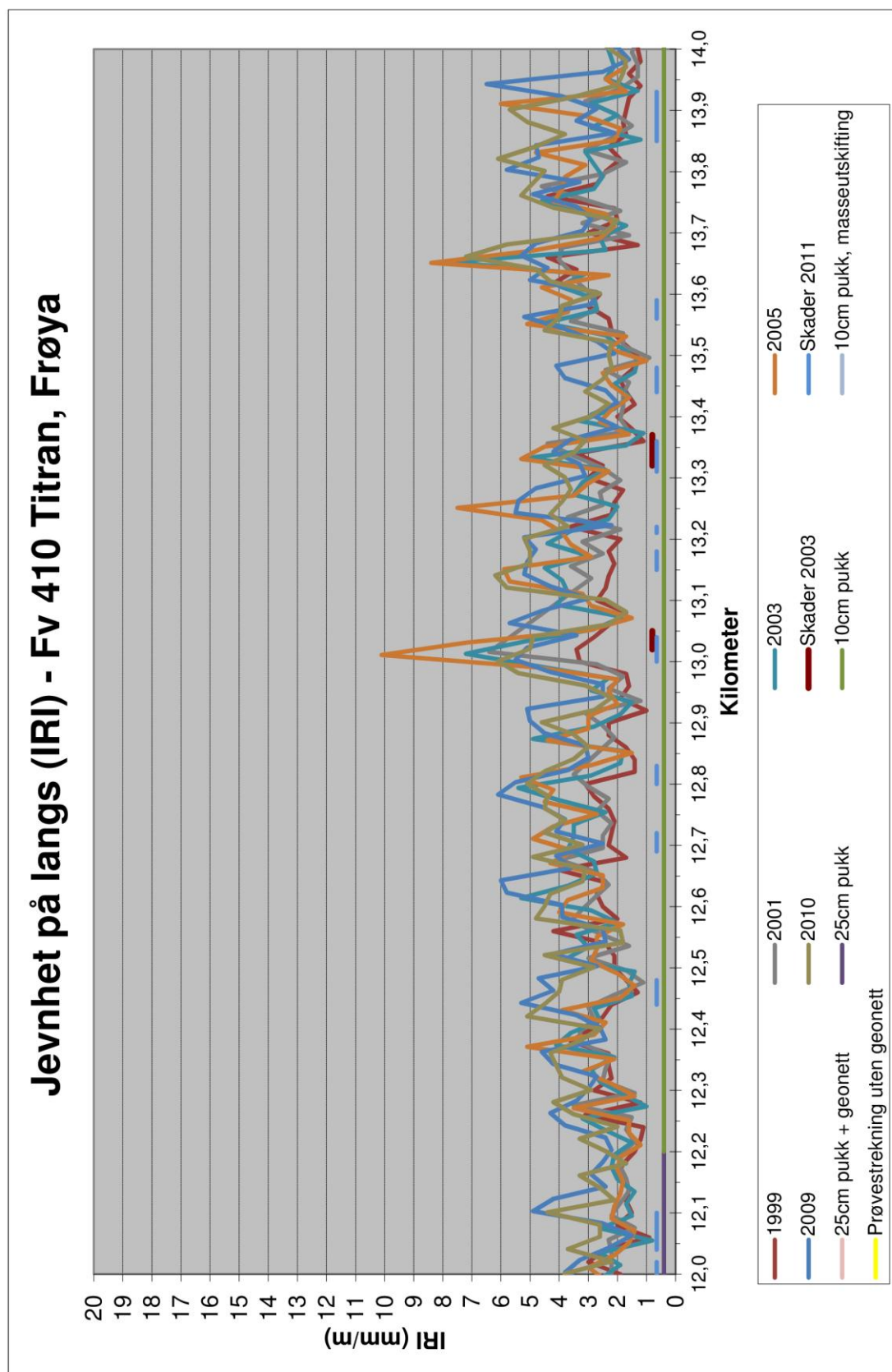






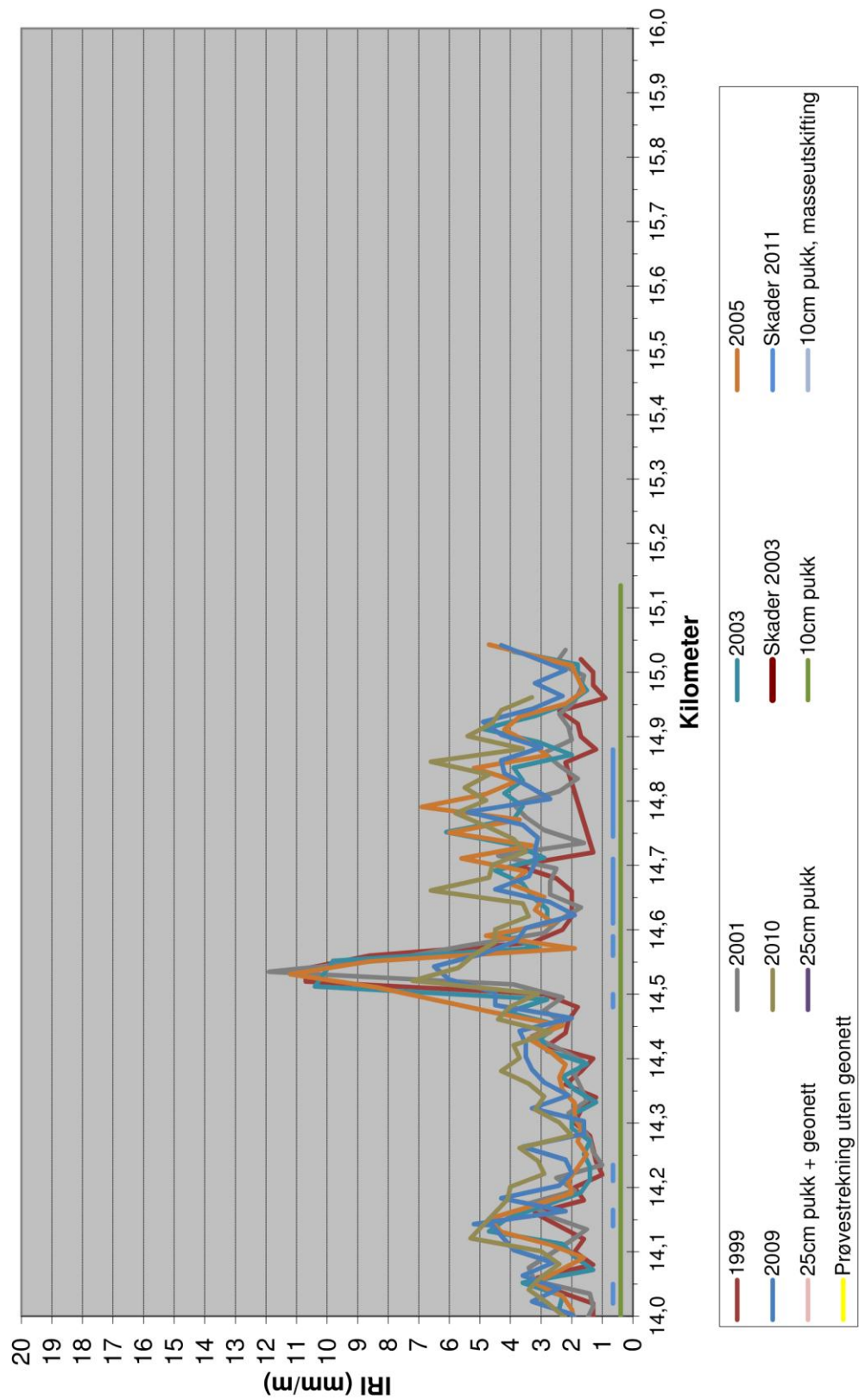


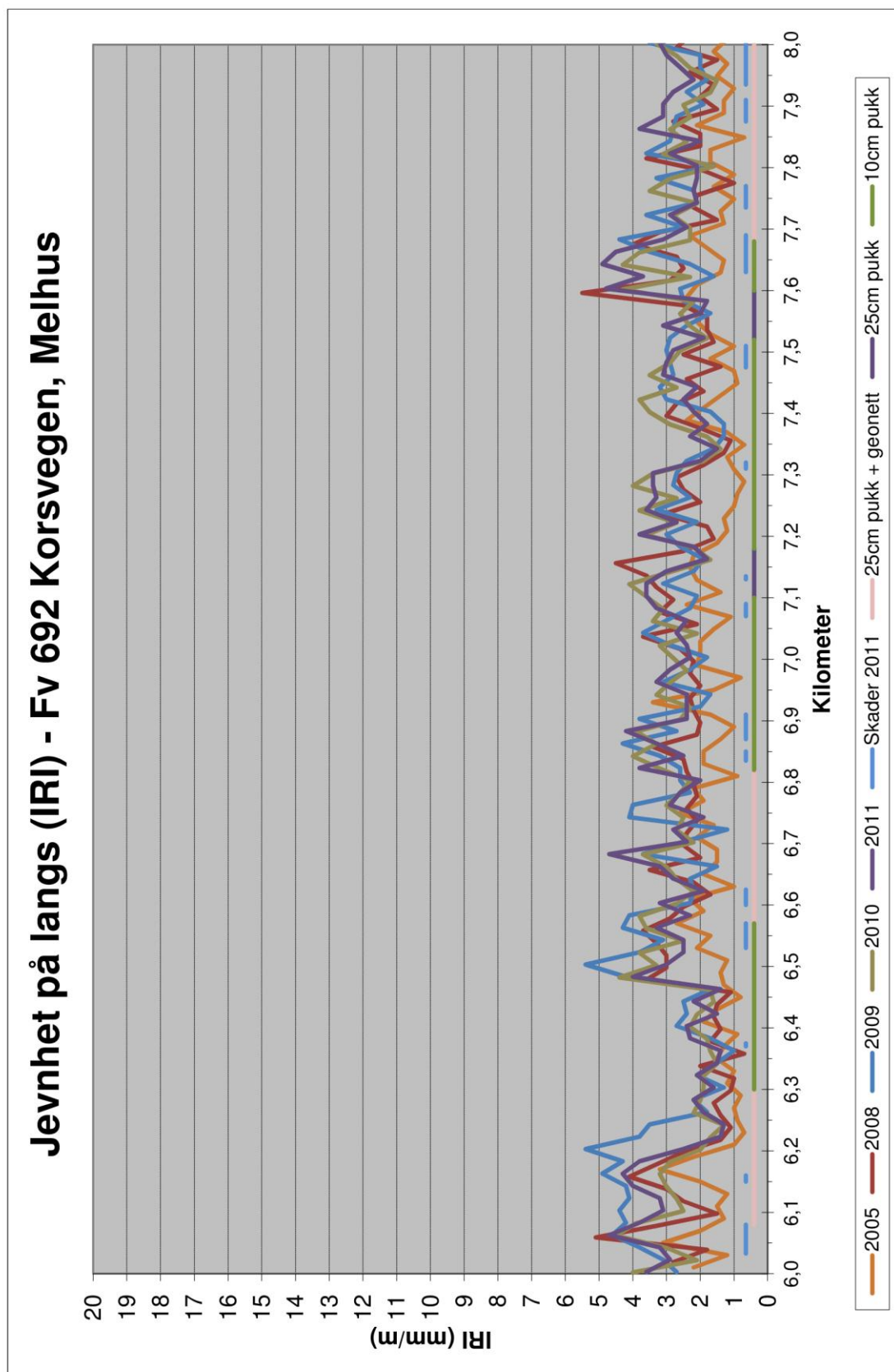


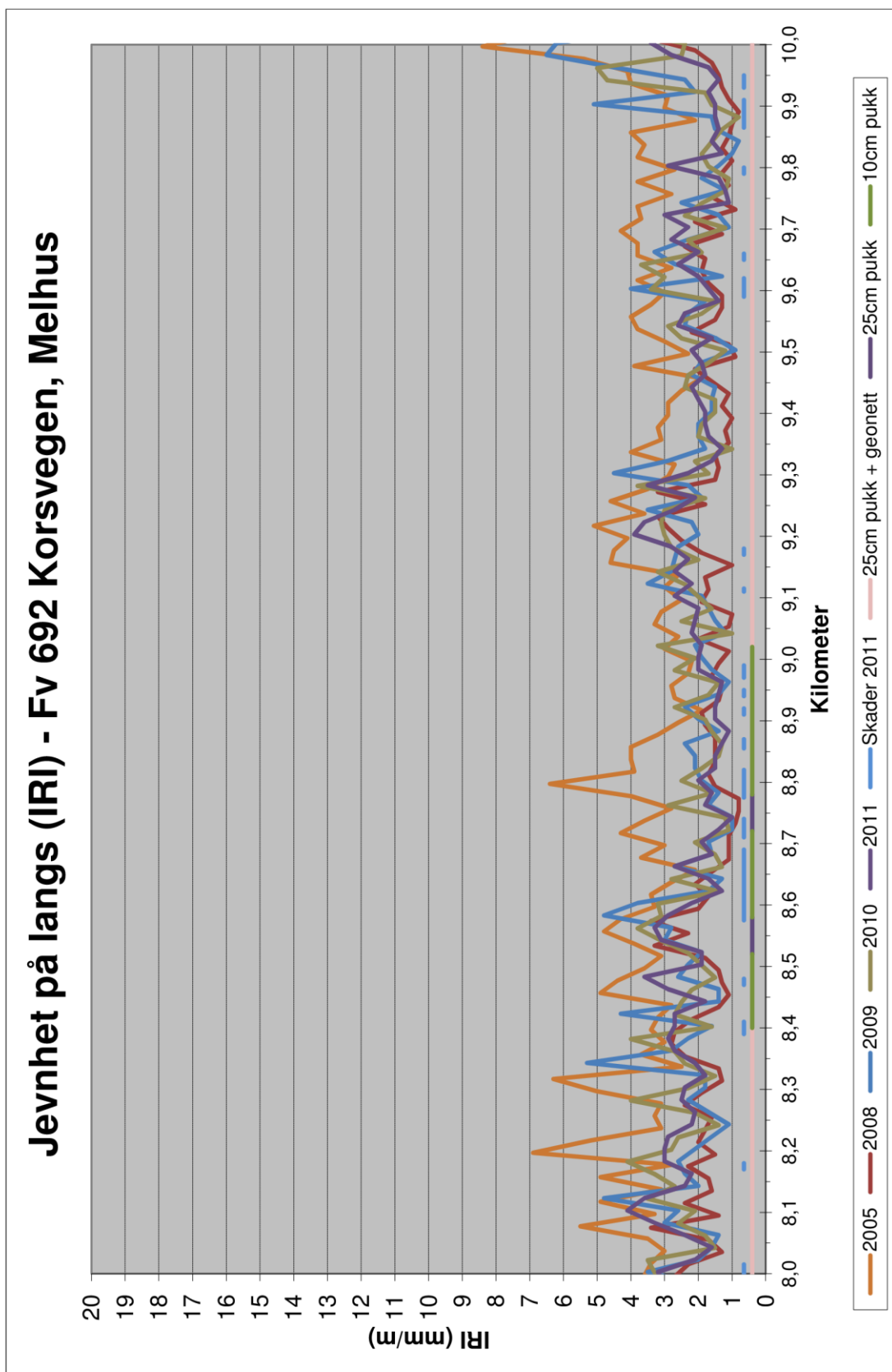


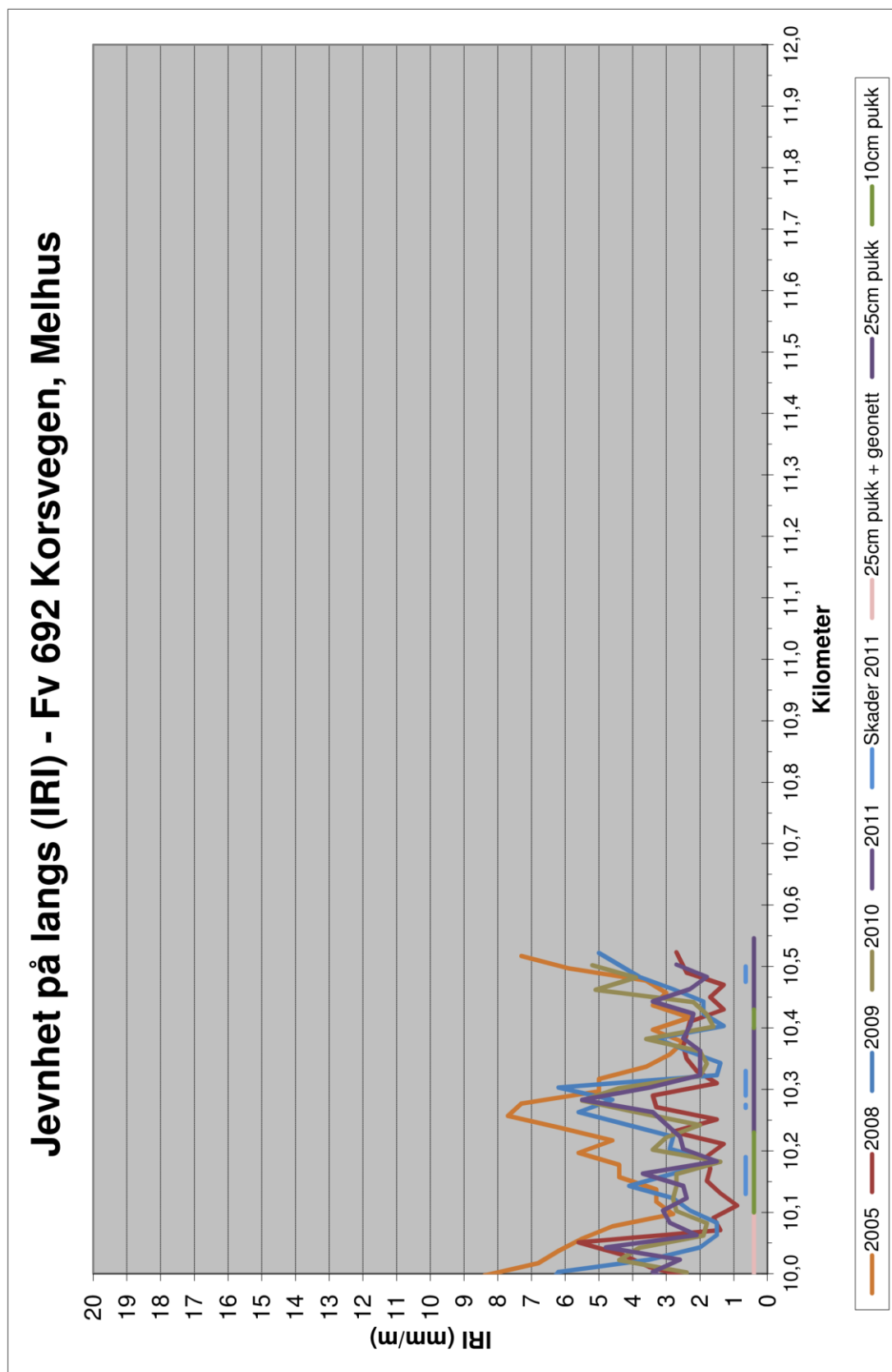


## Jevnhet på langs (IRI) - Fv 410 Titran, Frøya







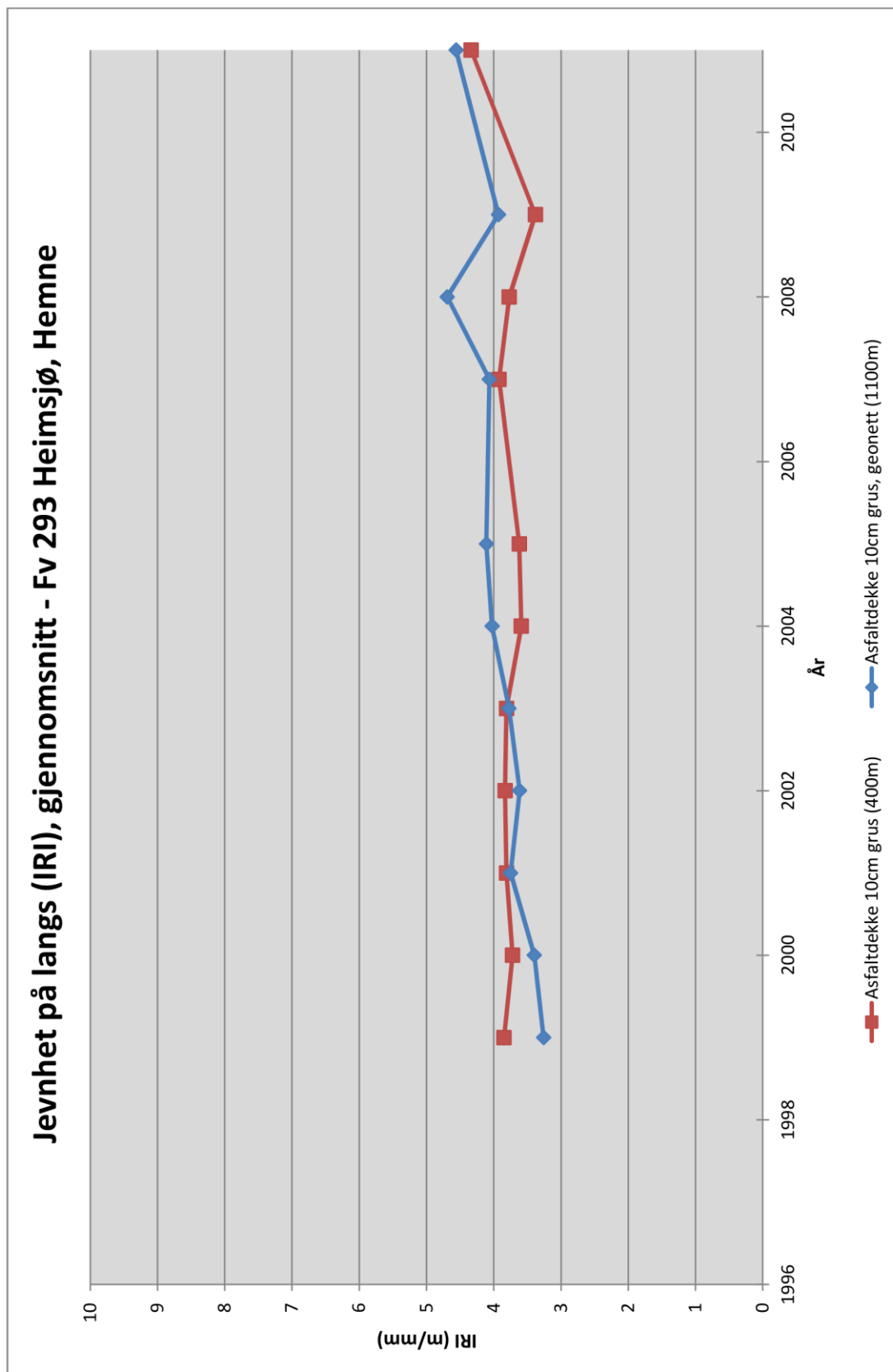


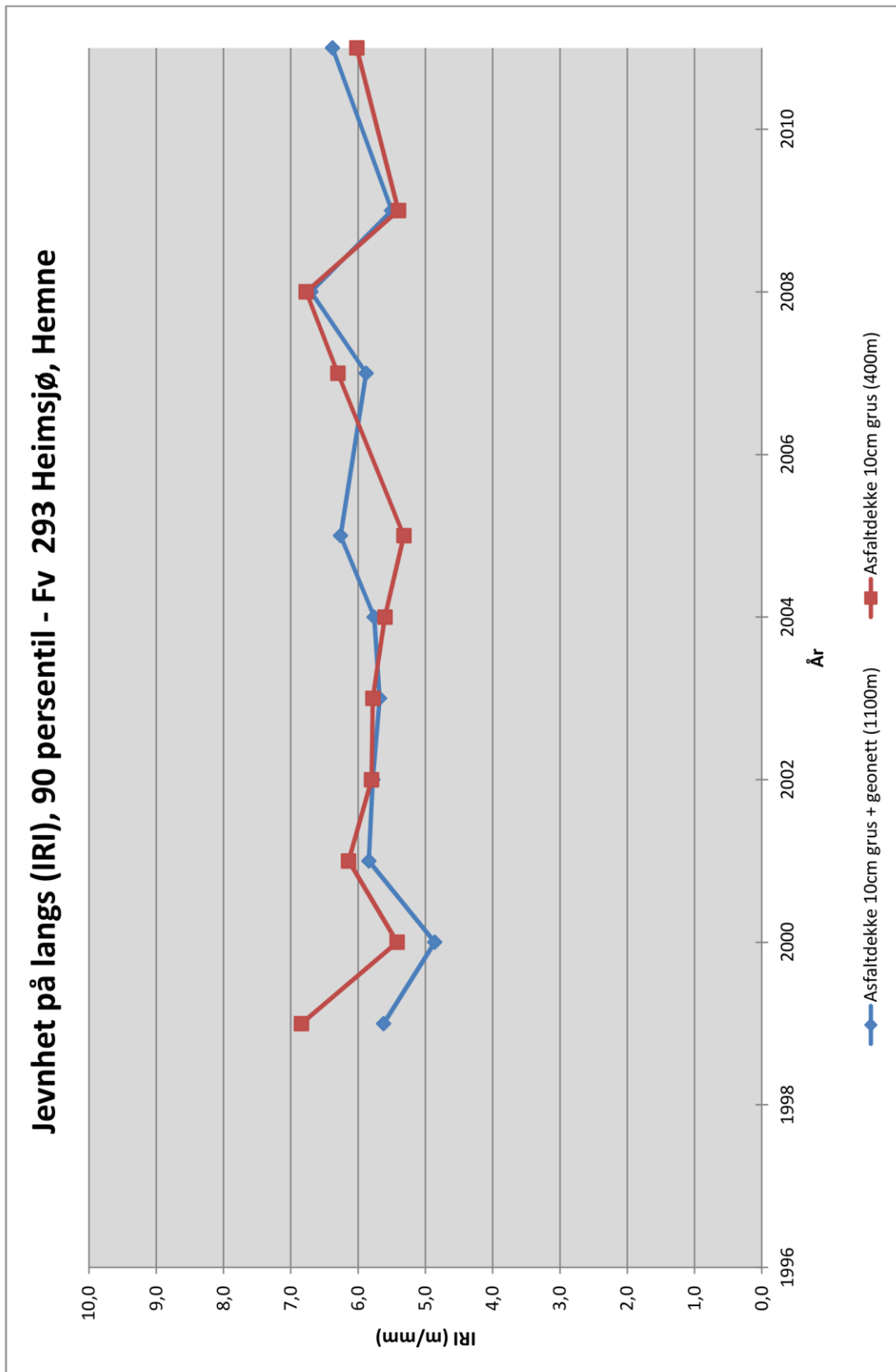


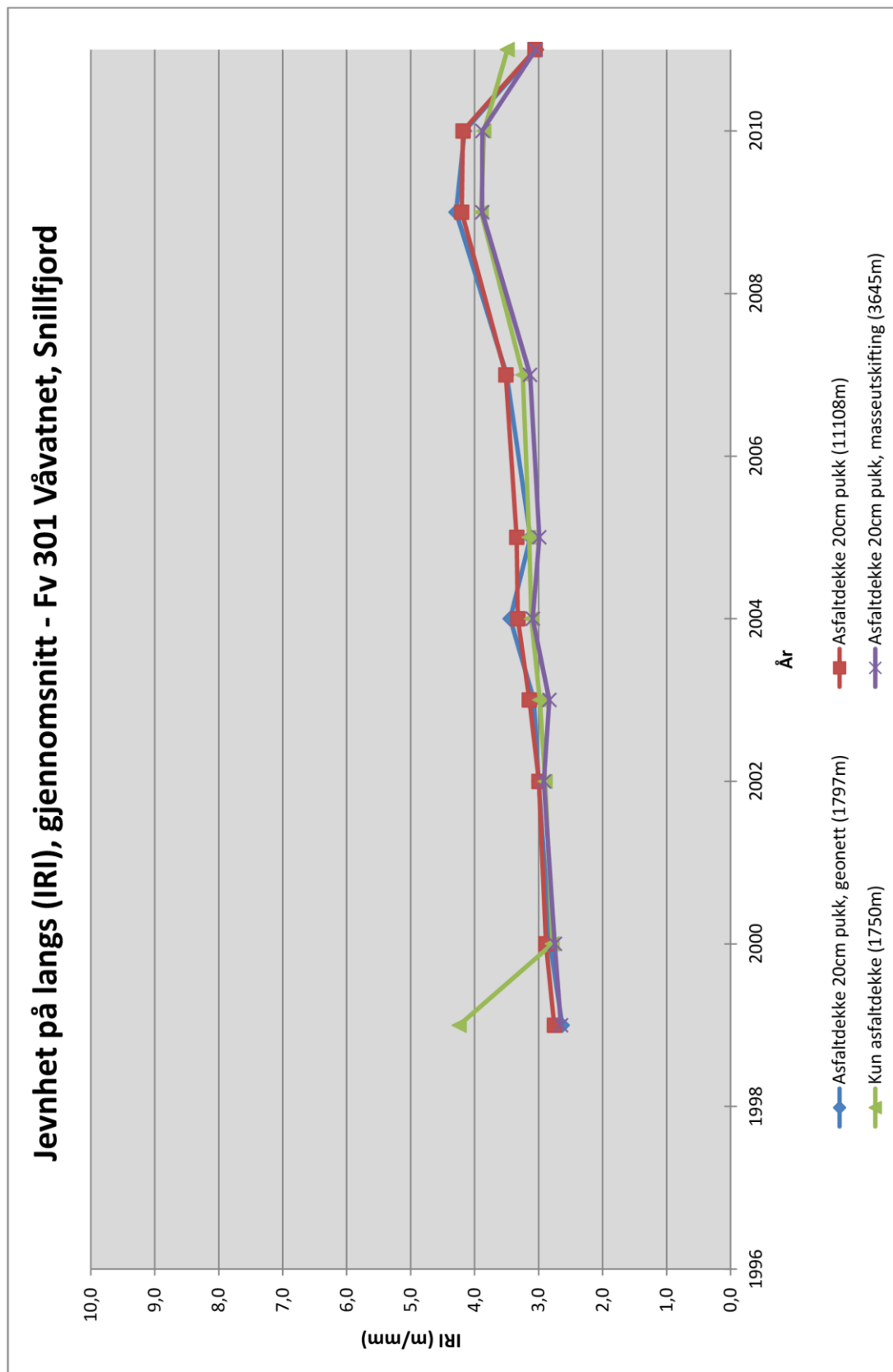
# **Bilag 4**

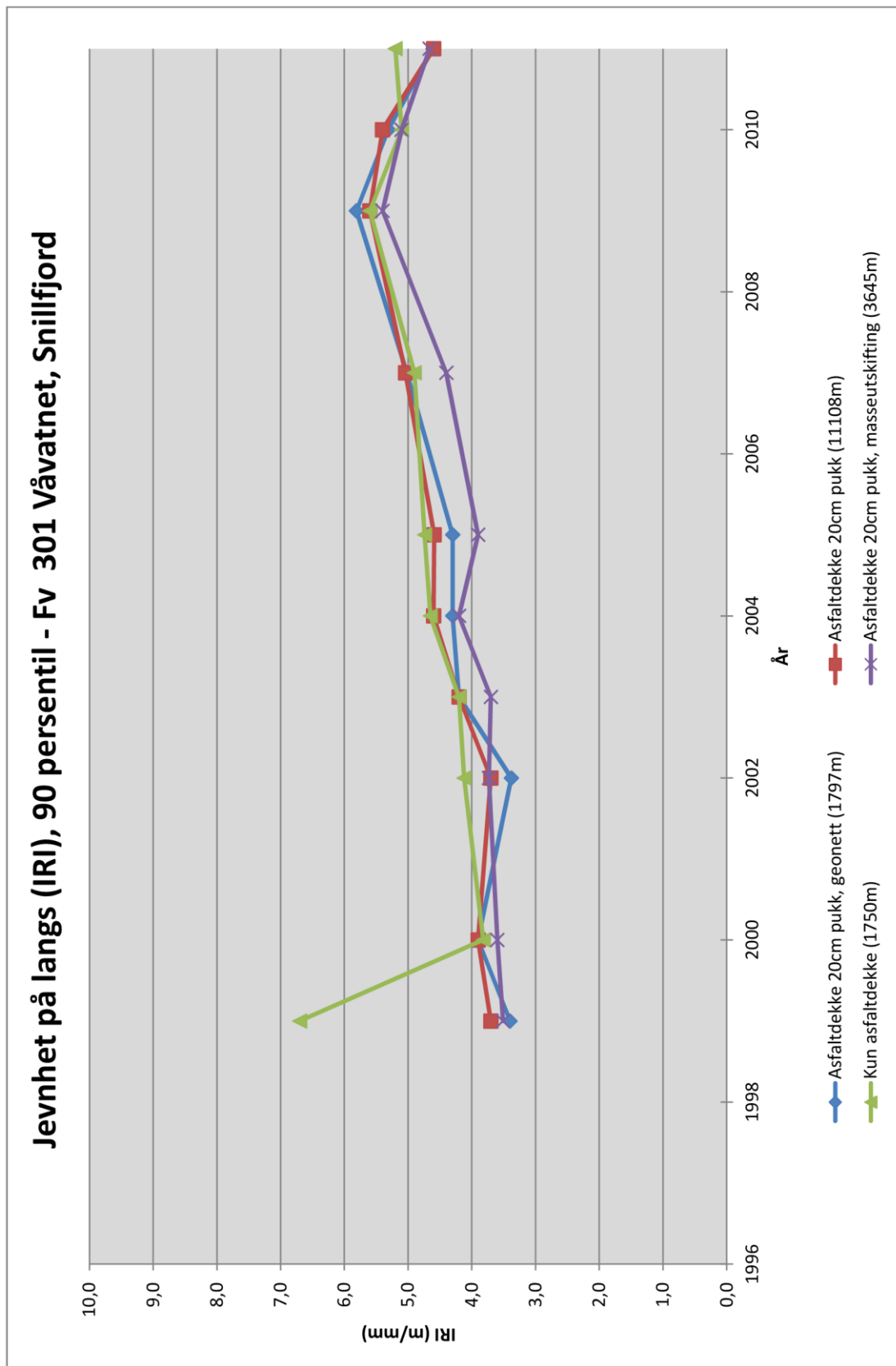
## **Utvikling av jevnhet på langs (IRI)**

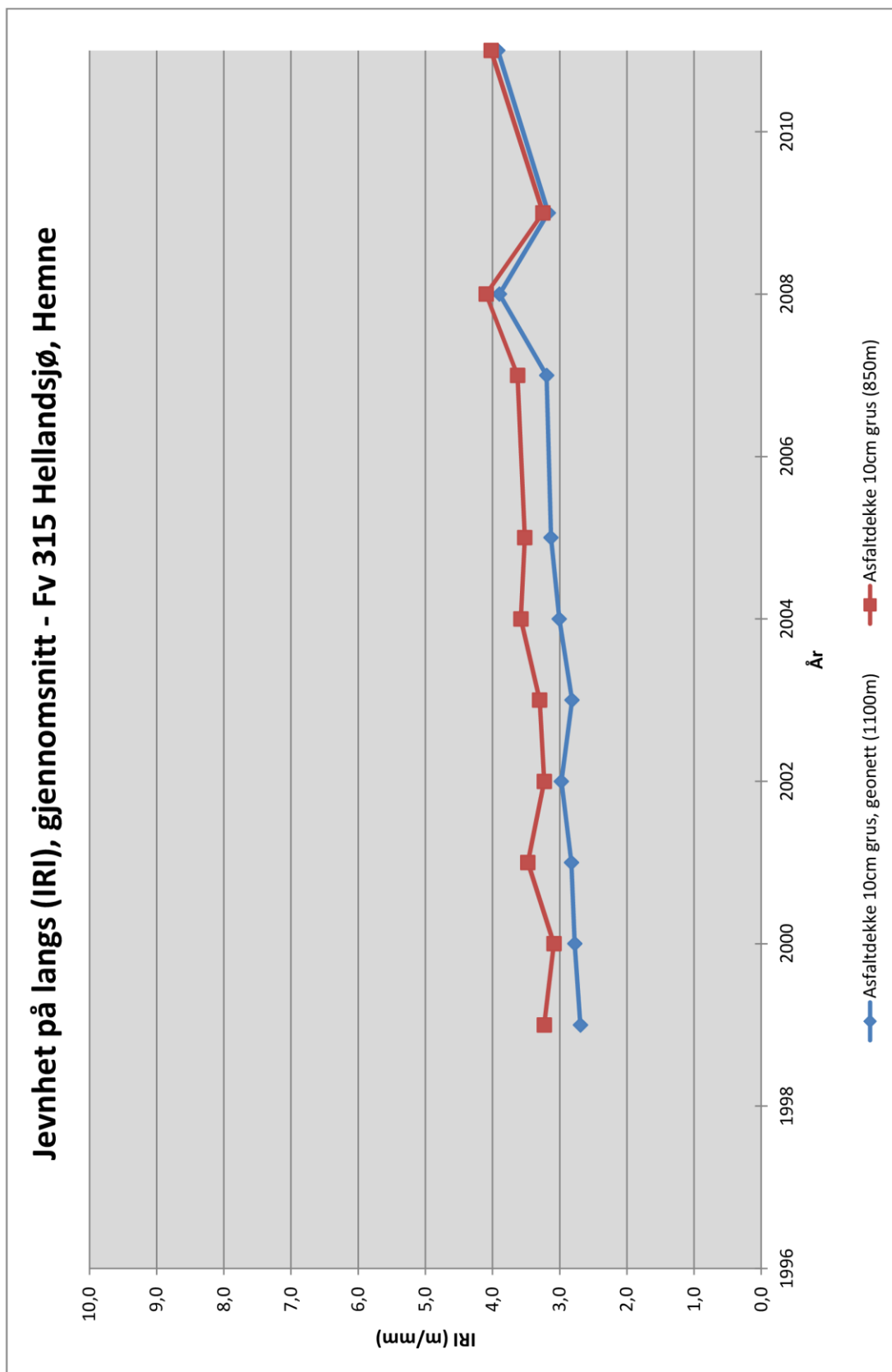
### **gjennomsnitt og 90 prosentil**

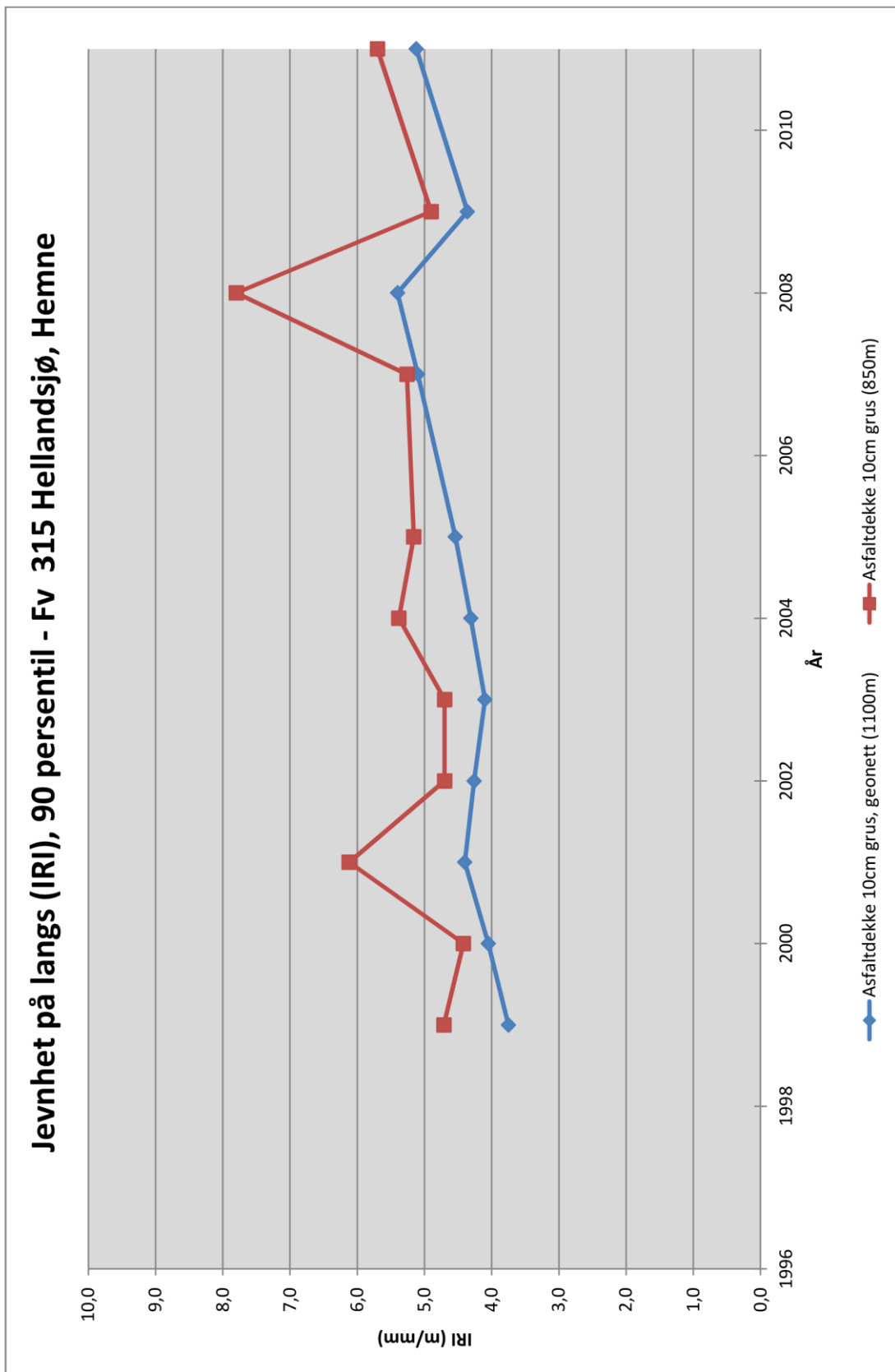


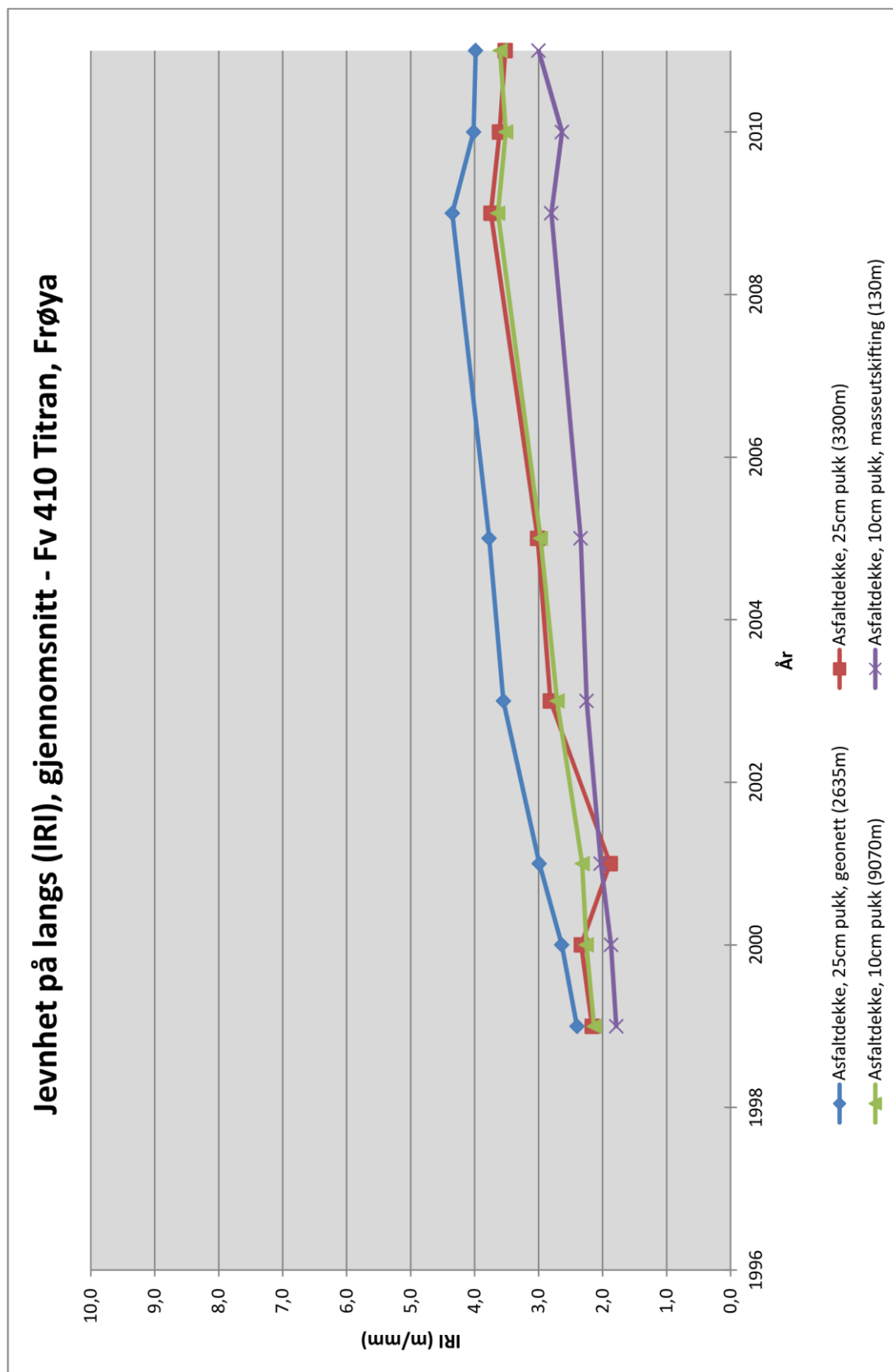




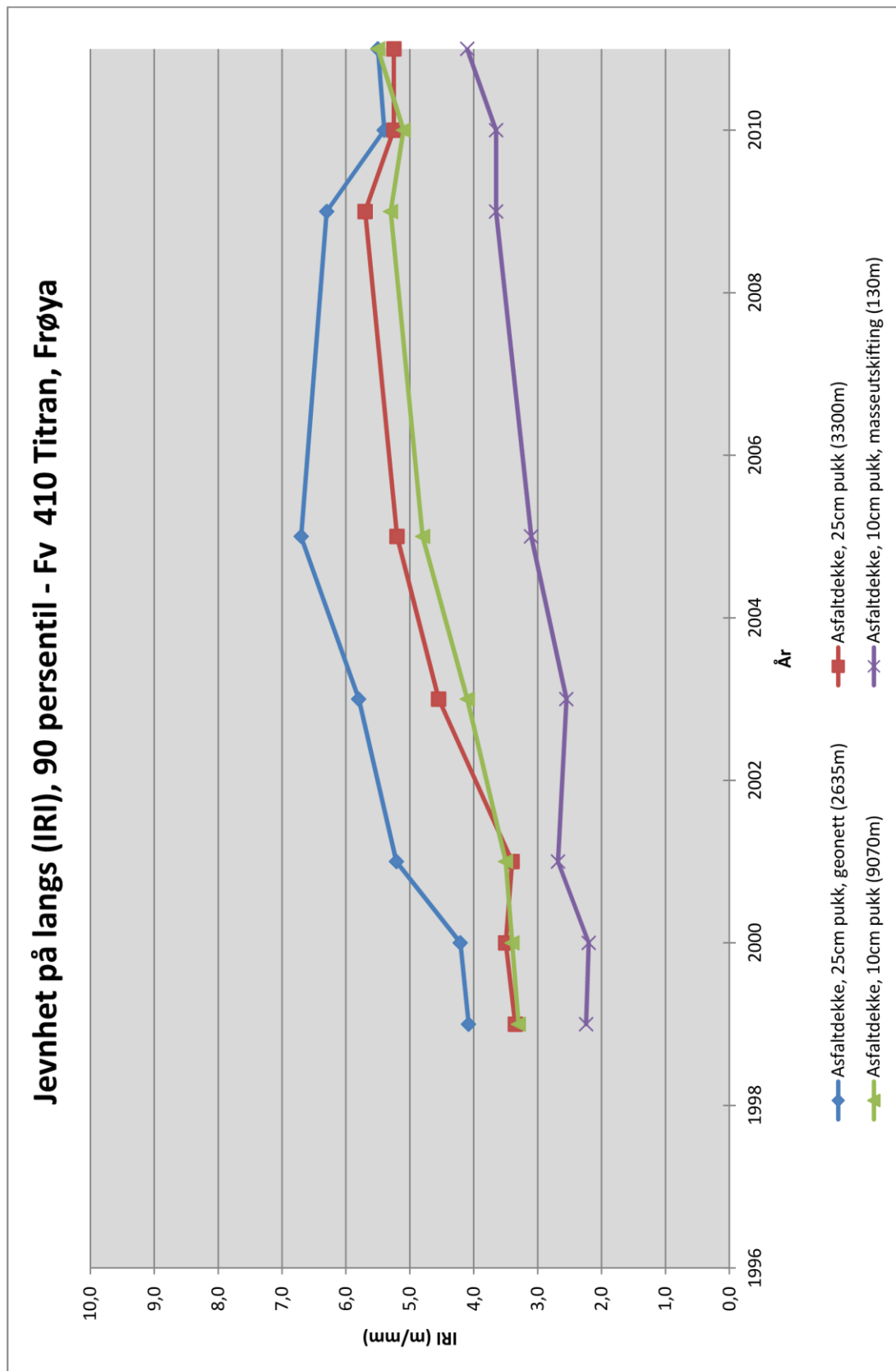


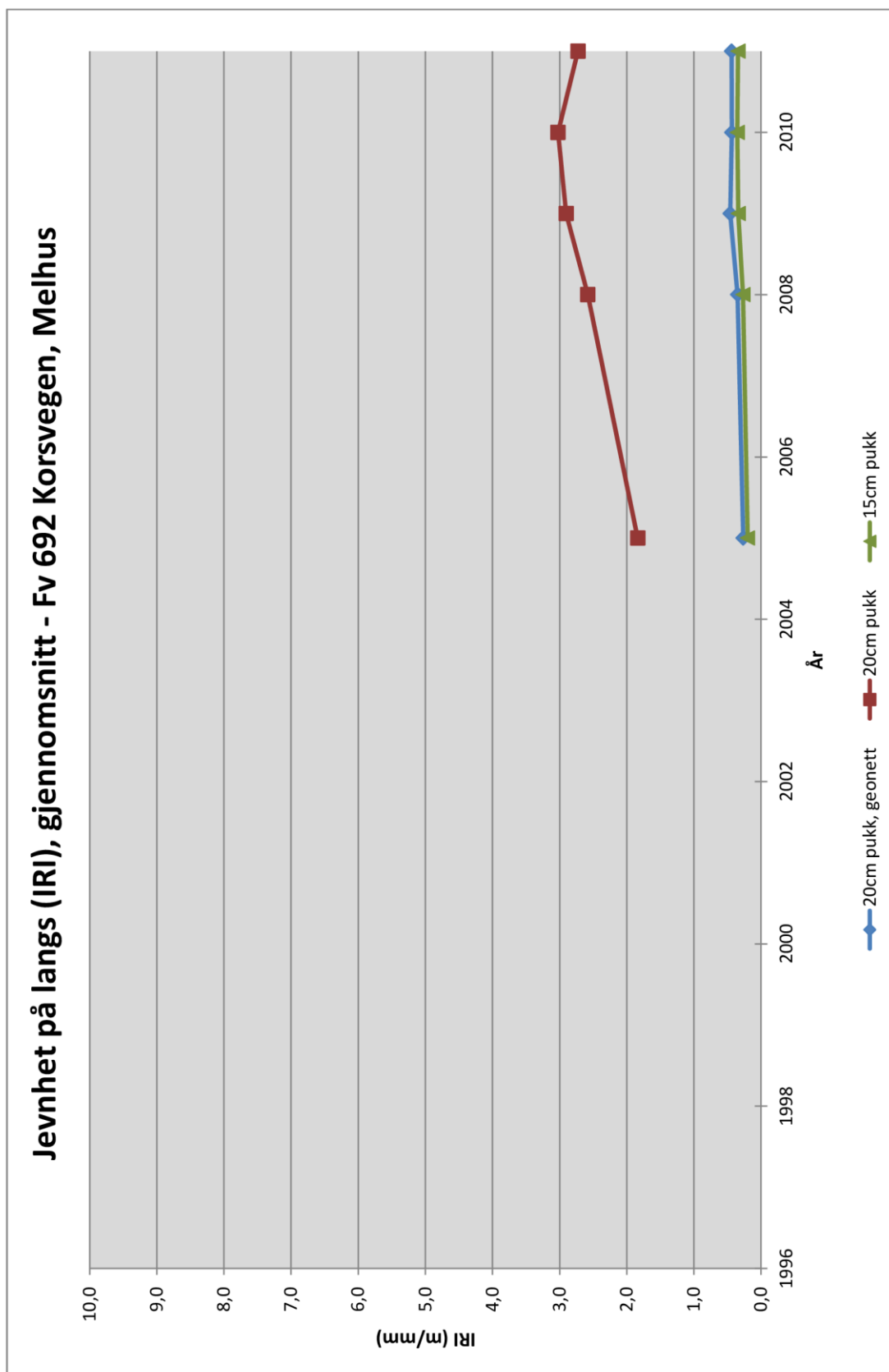


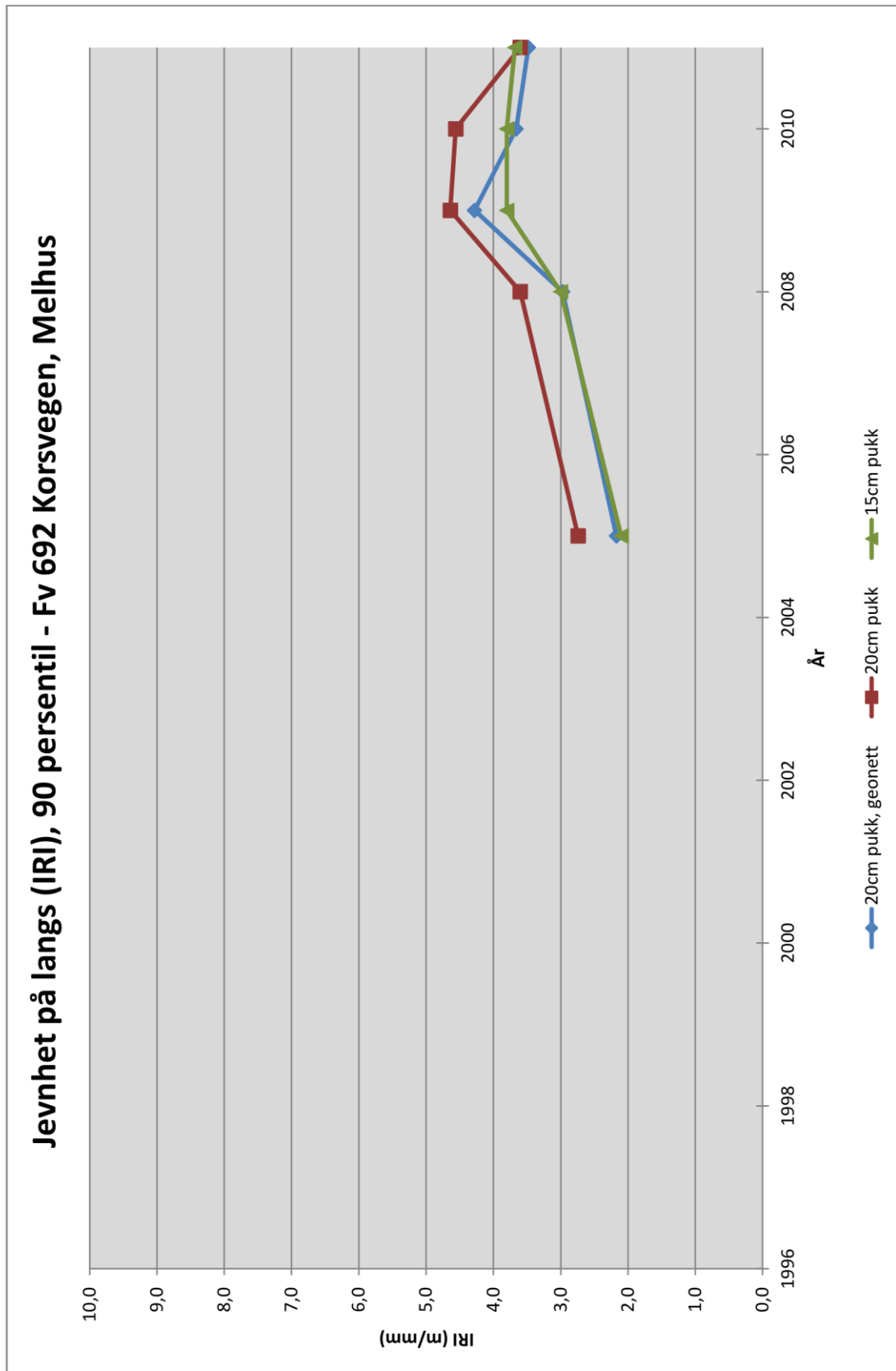










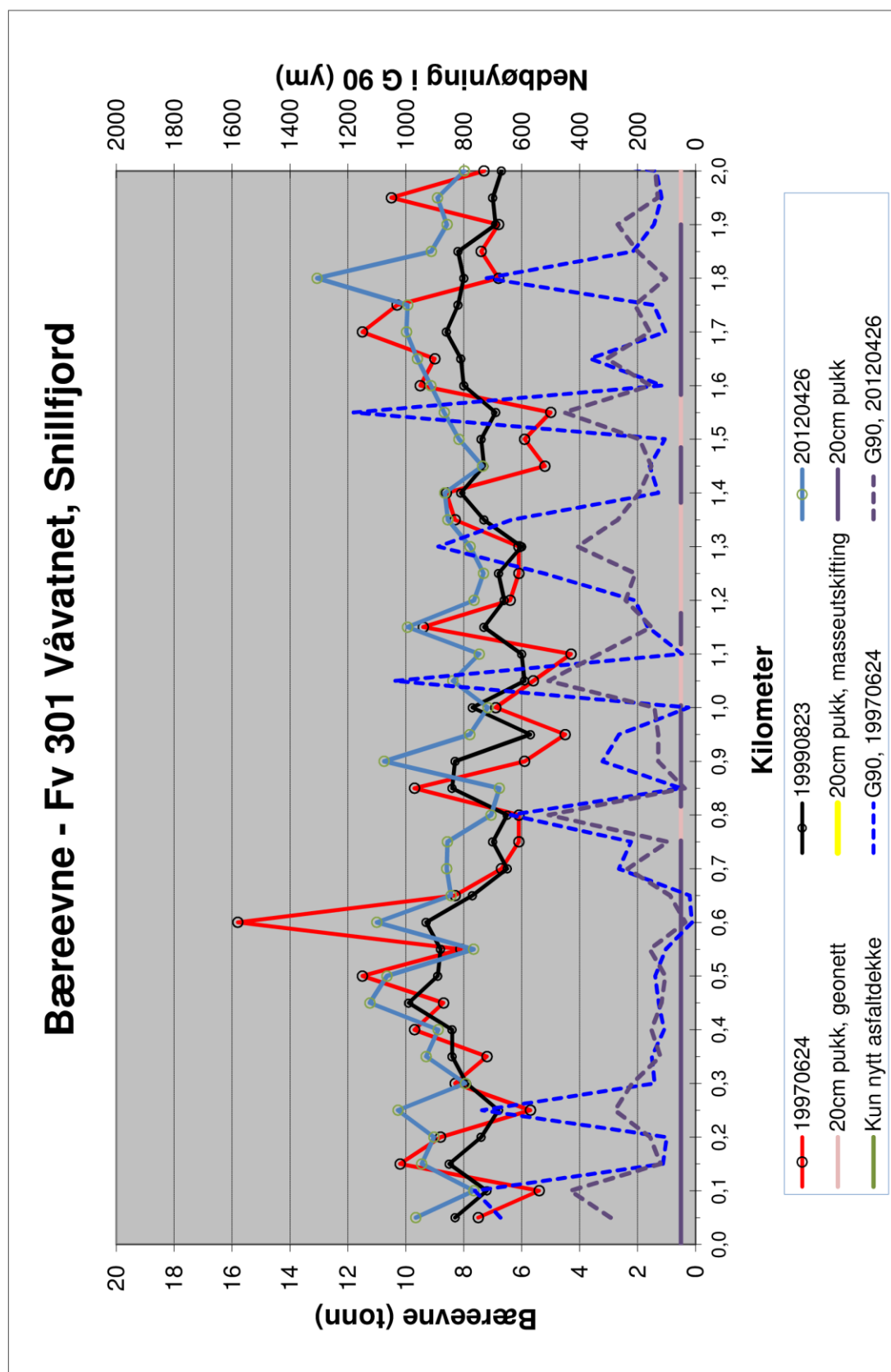


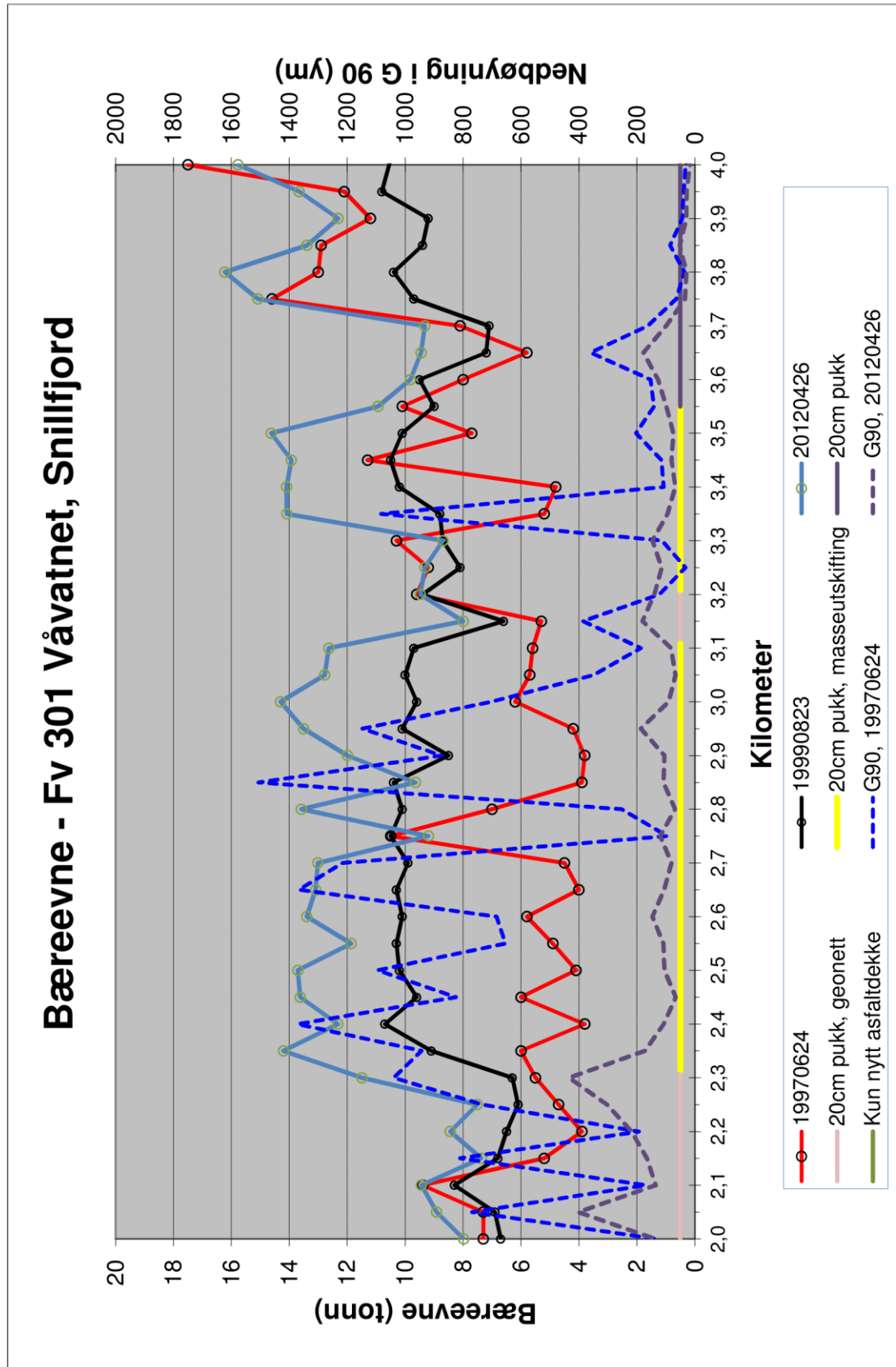
## Bilag 4

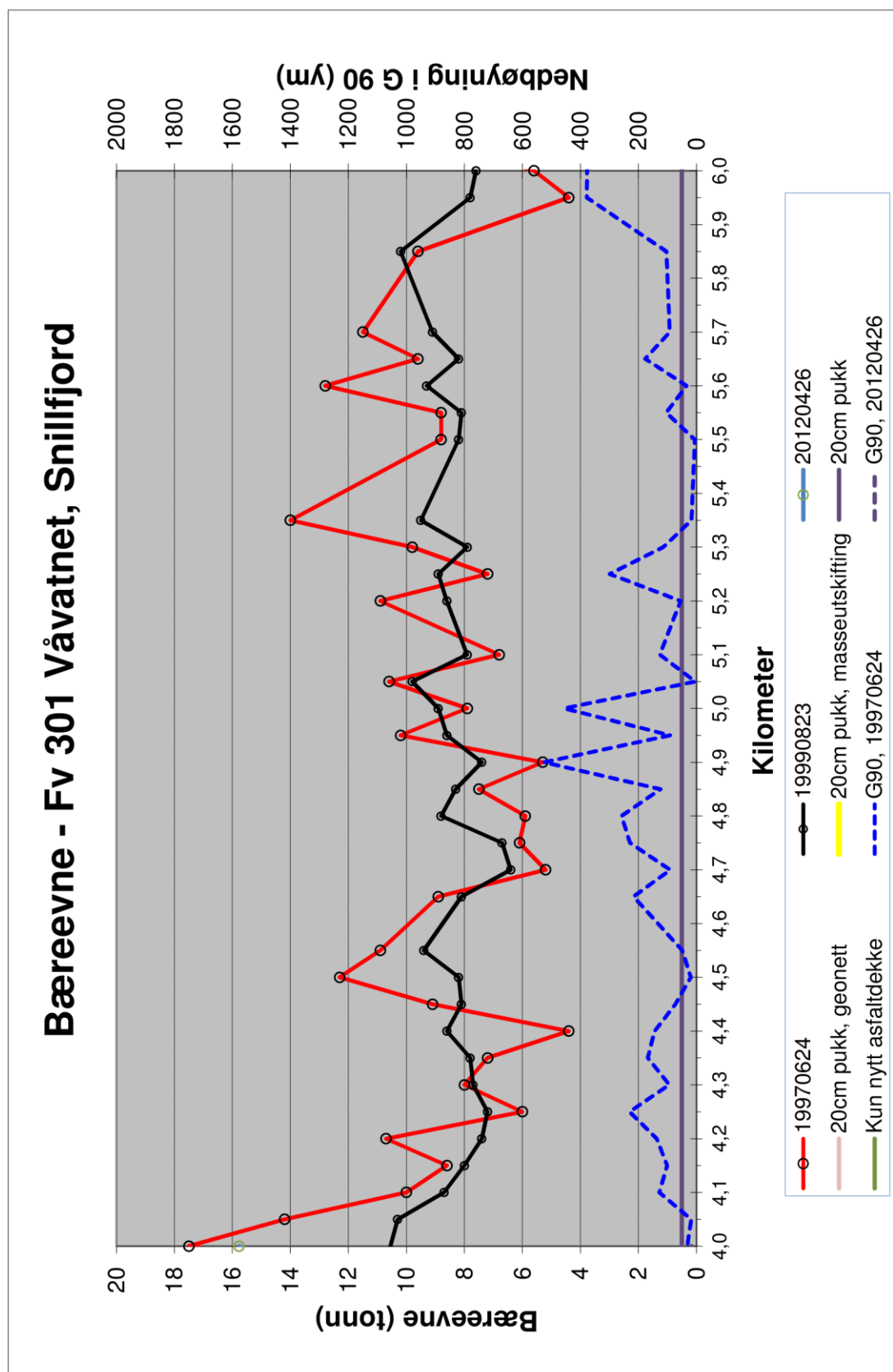
### Utvikling av jevnhet på langs (IRI)

# **Bilag 5**

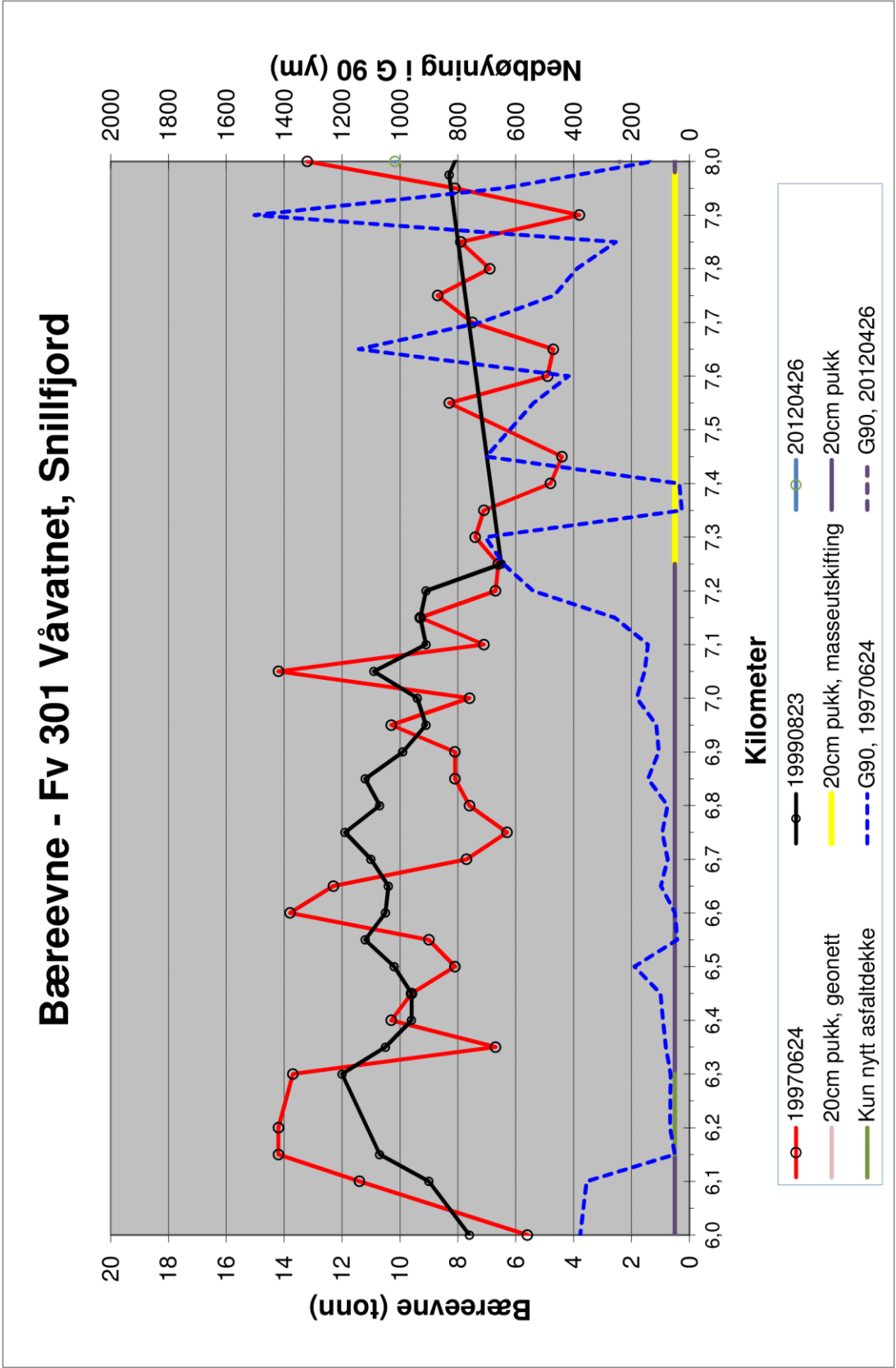
## **Bæreevne og G90-verdi**

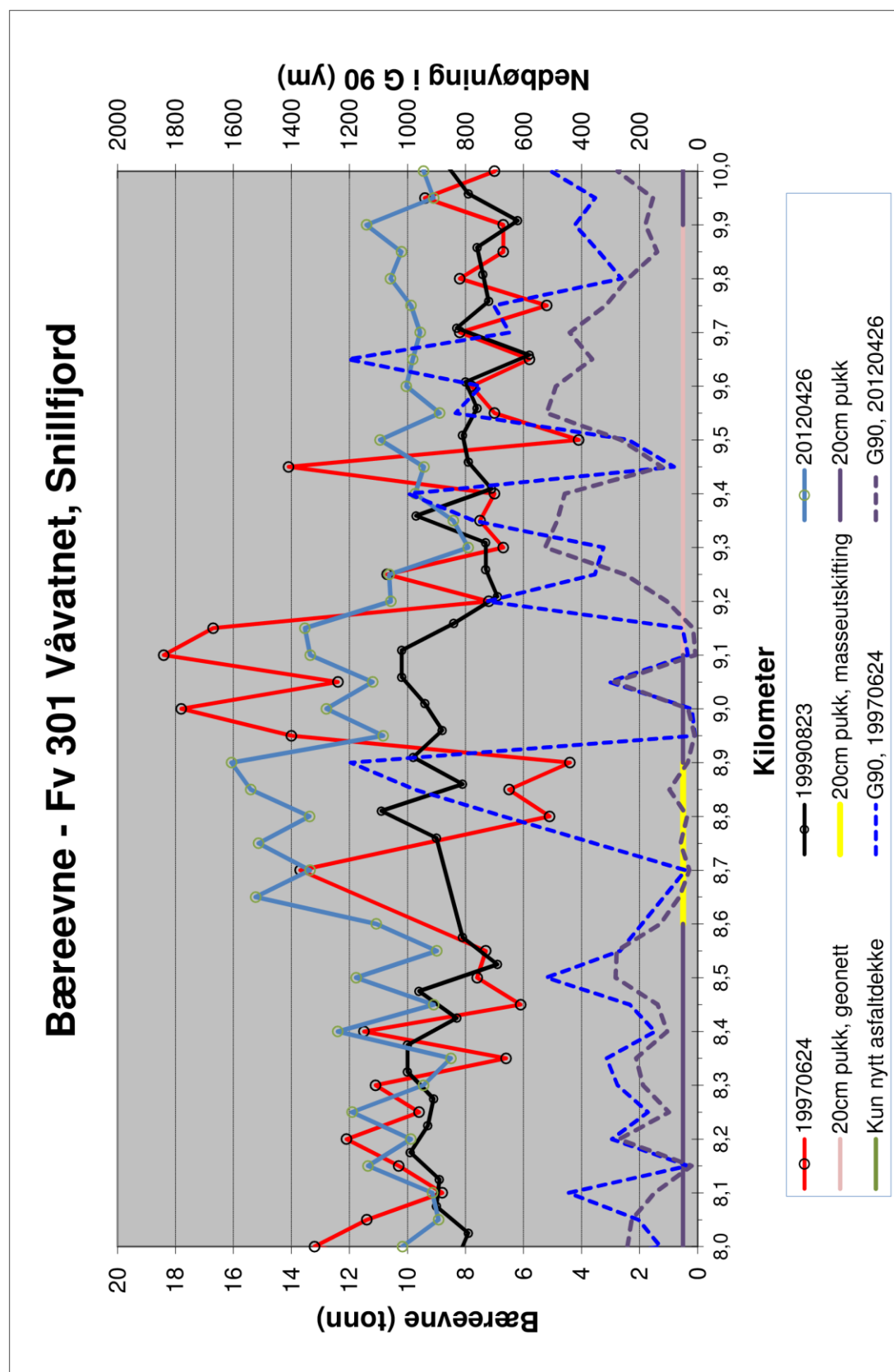


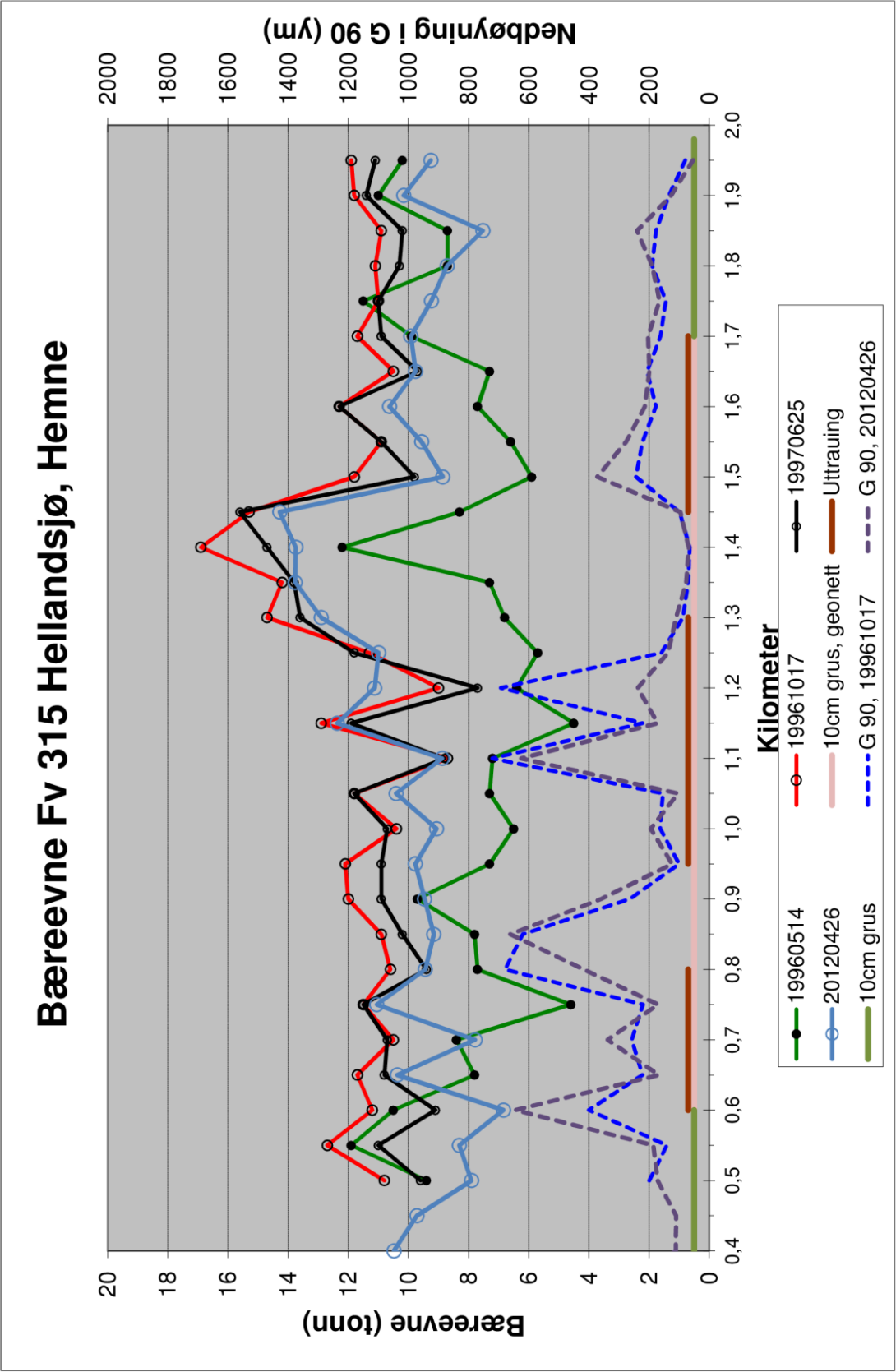


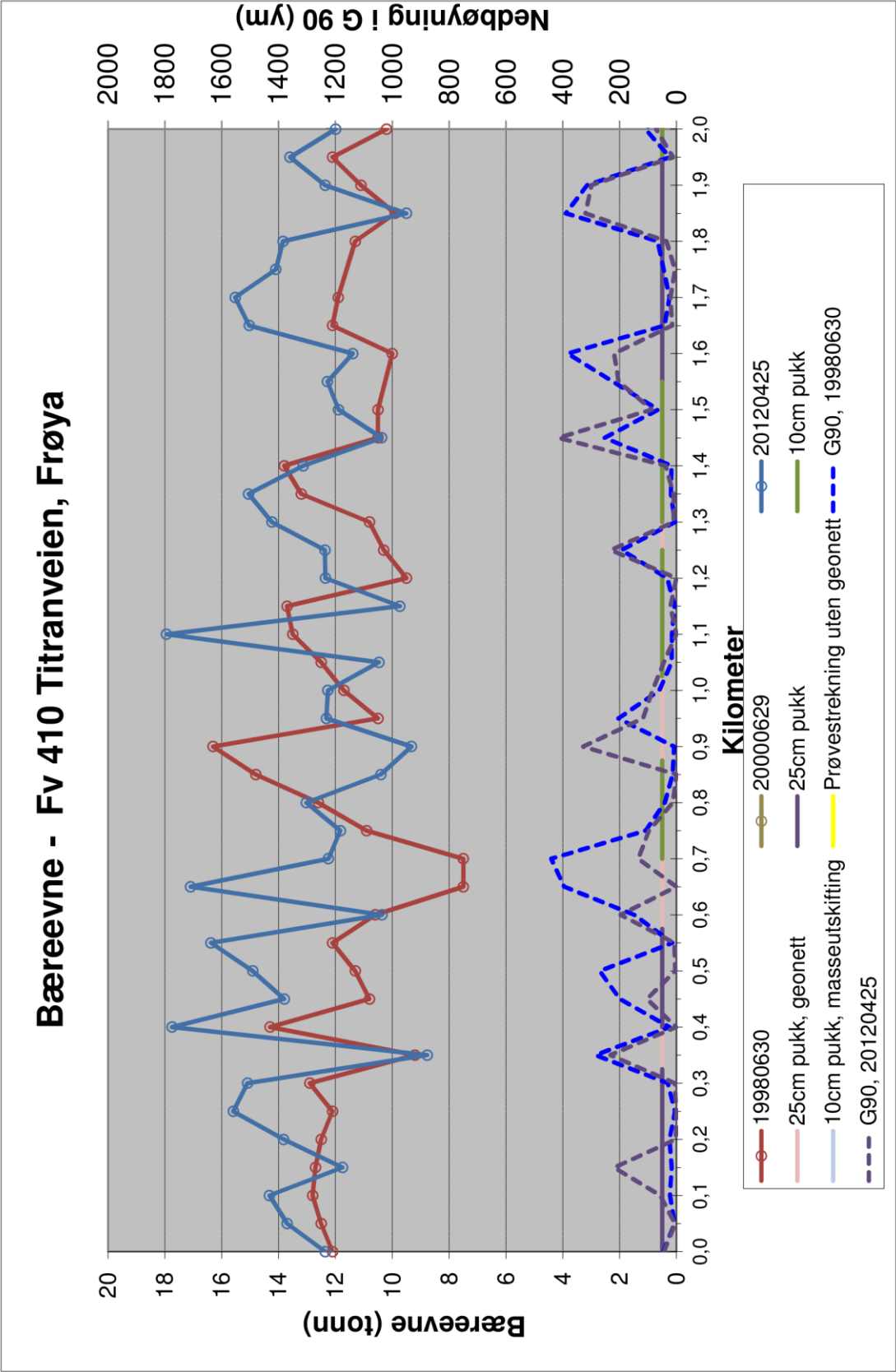


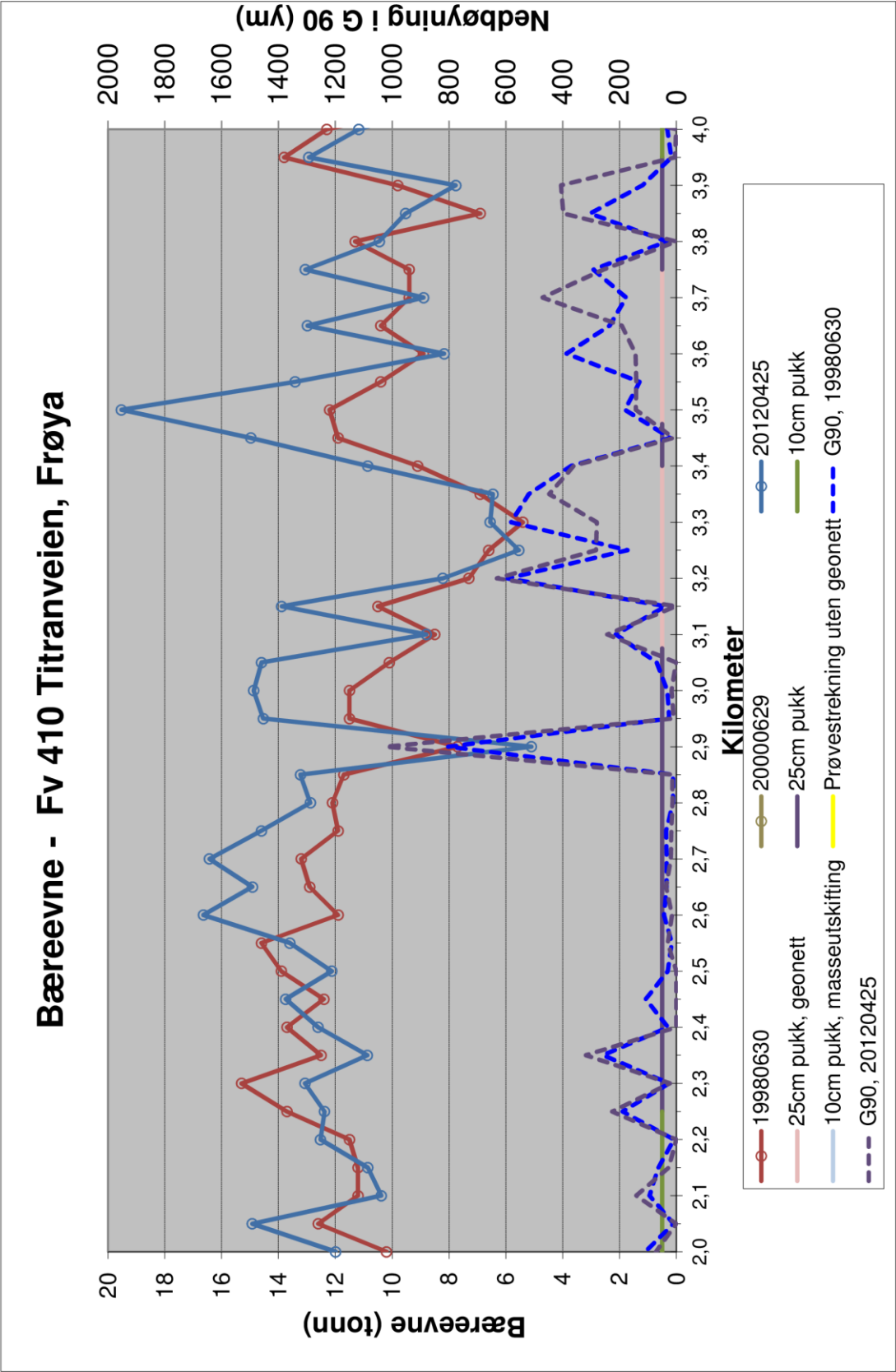


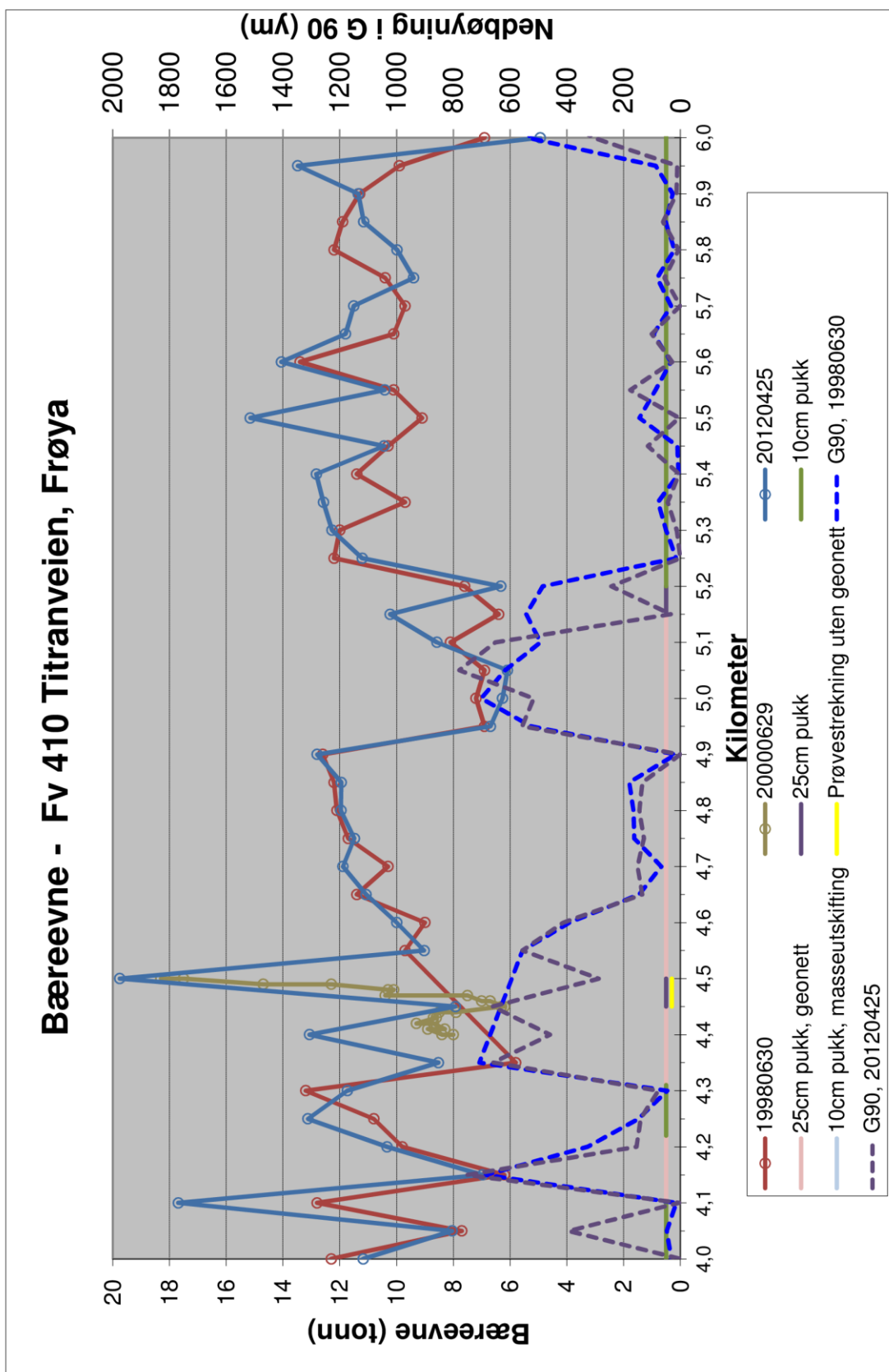


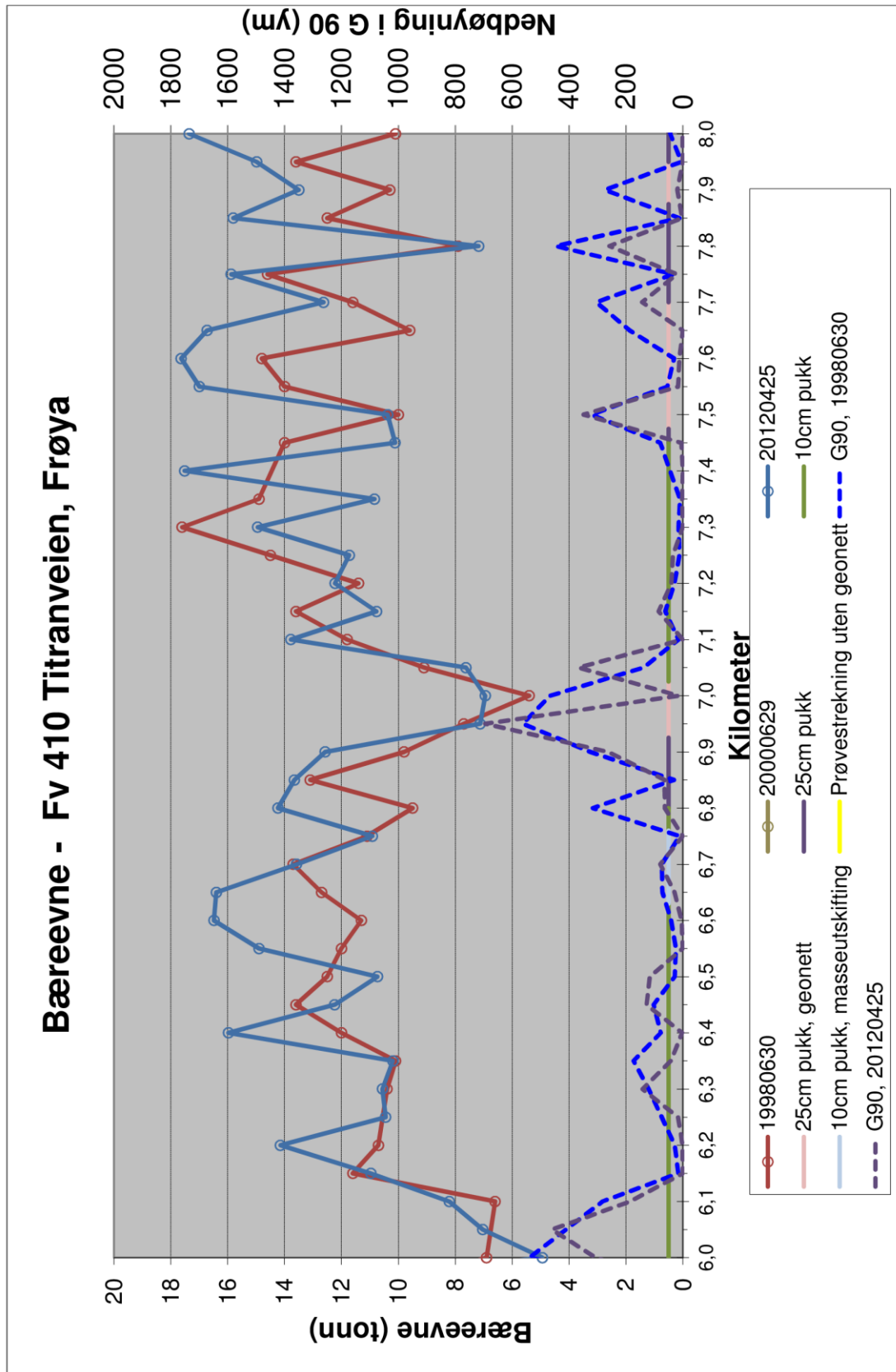




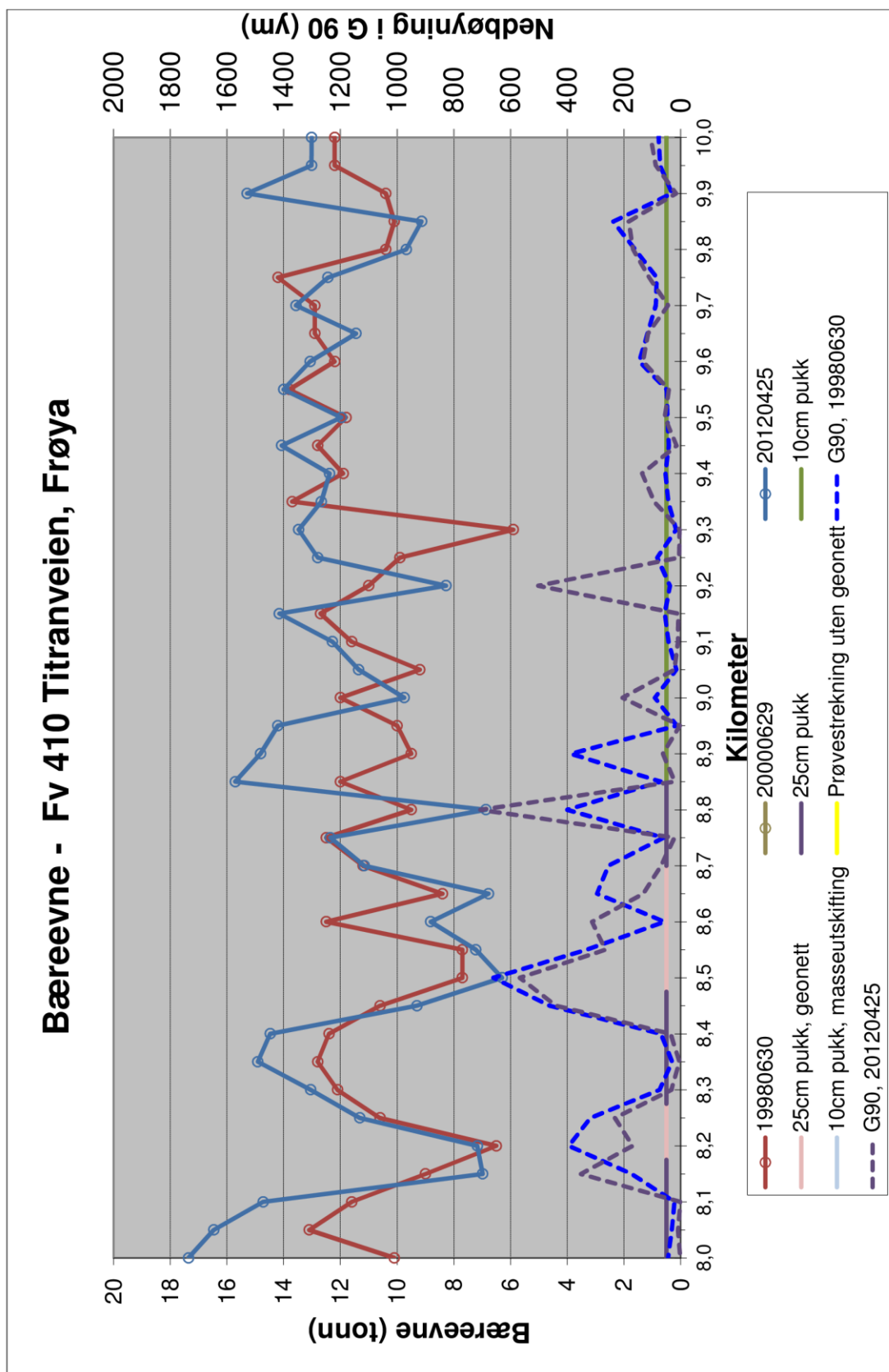




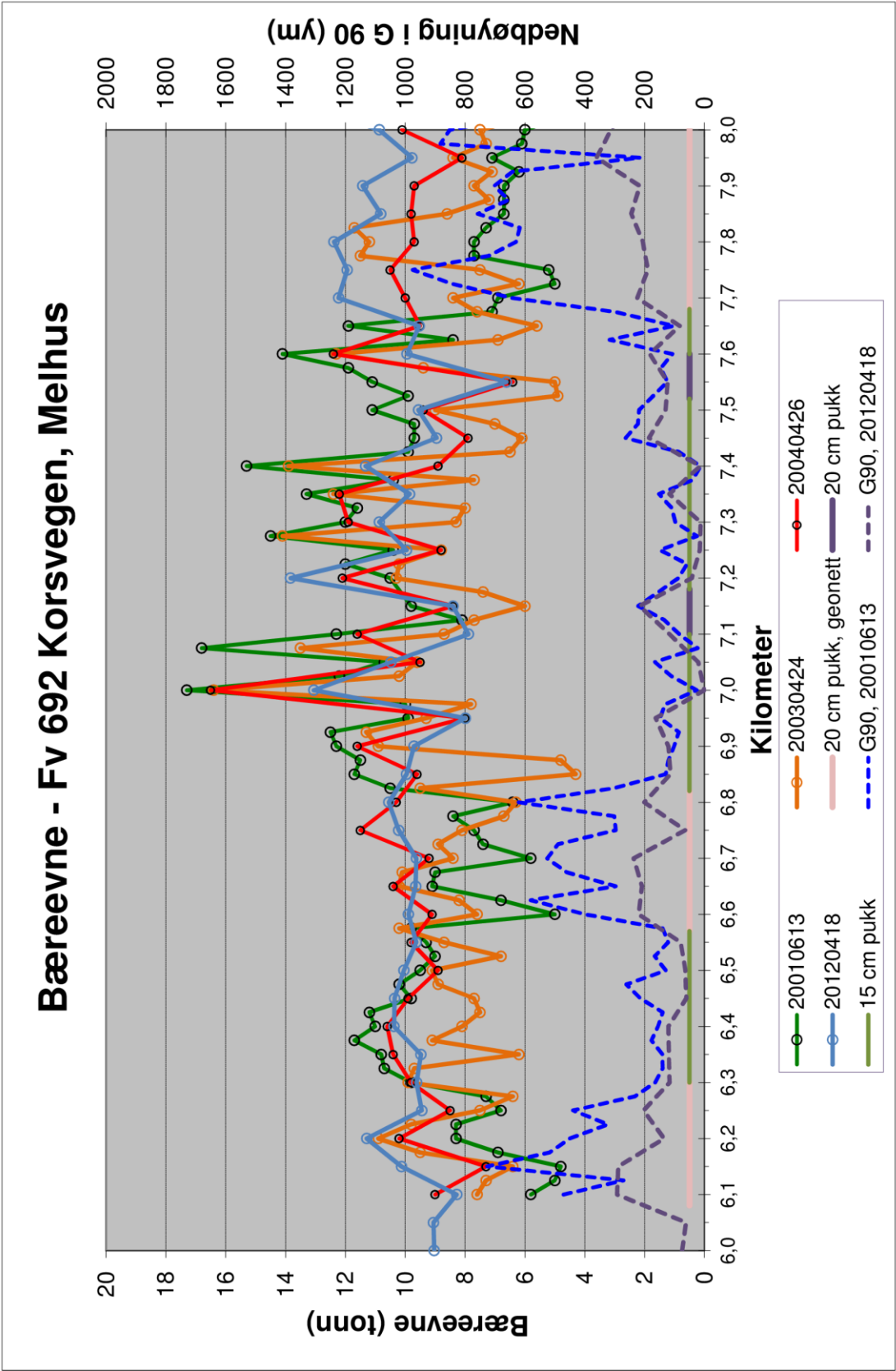


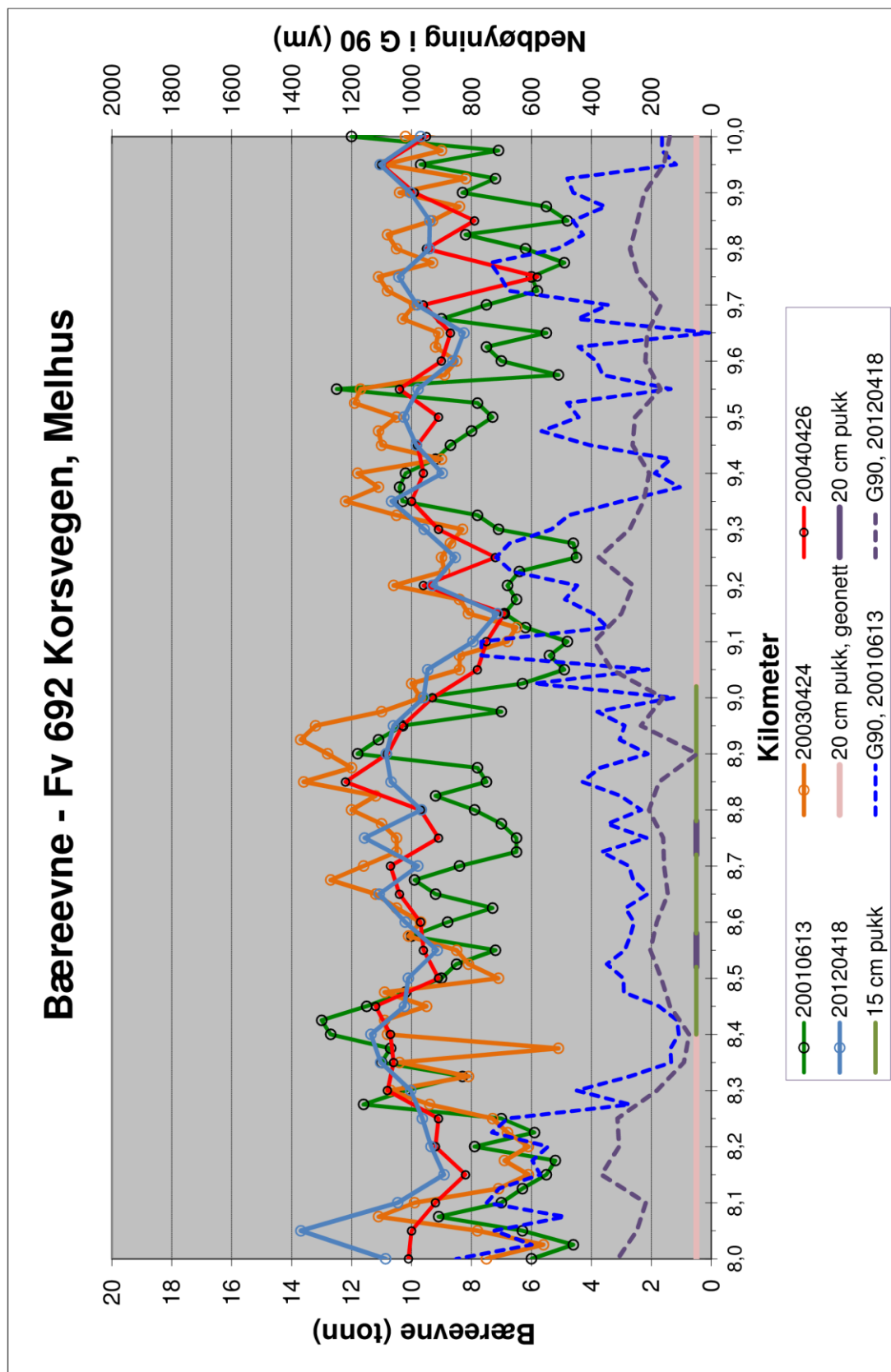


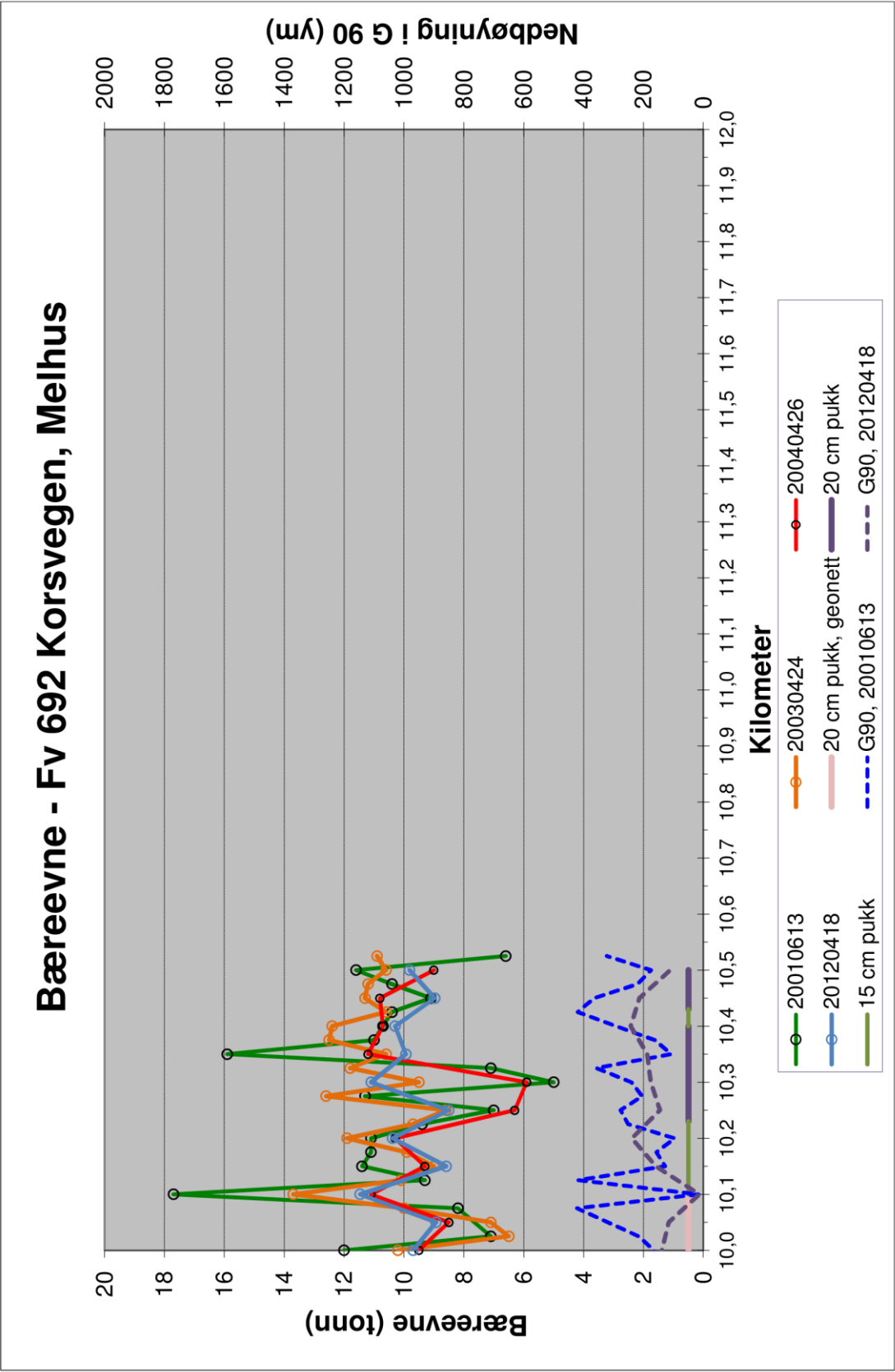


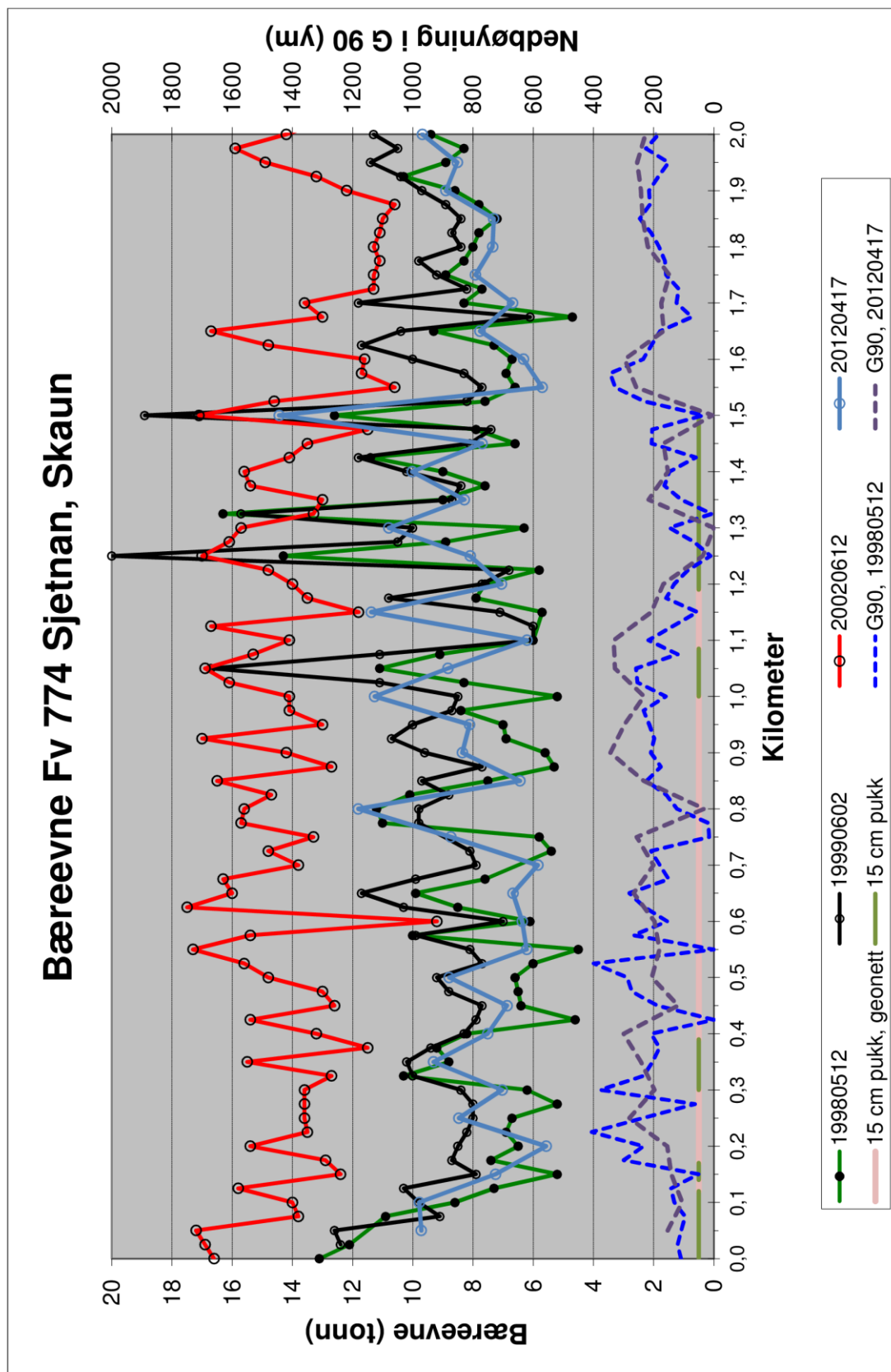








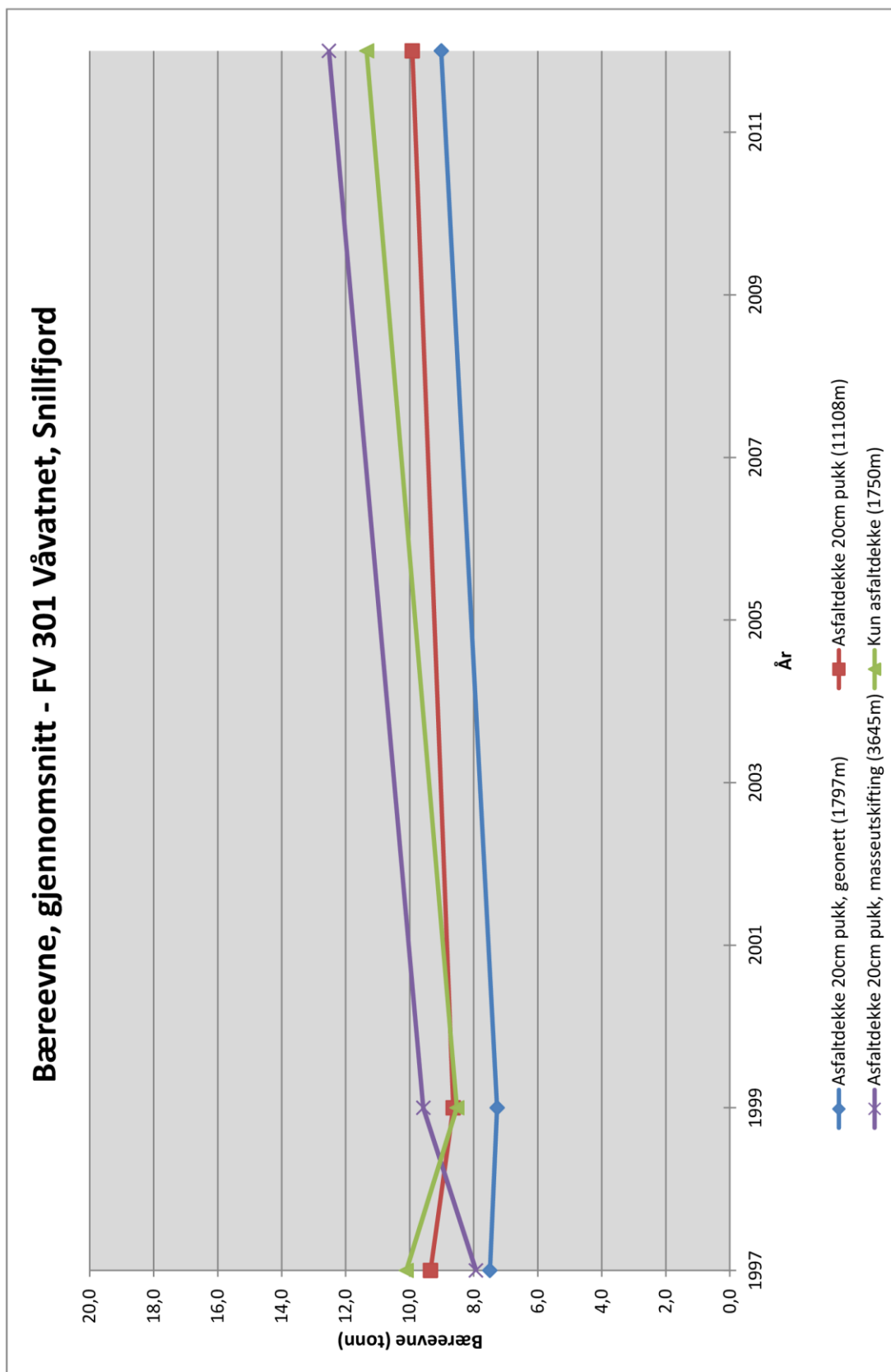


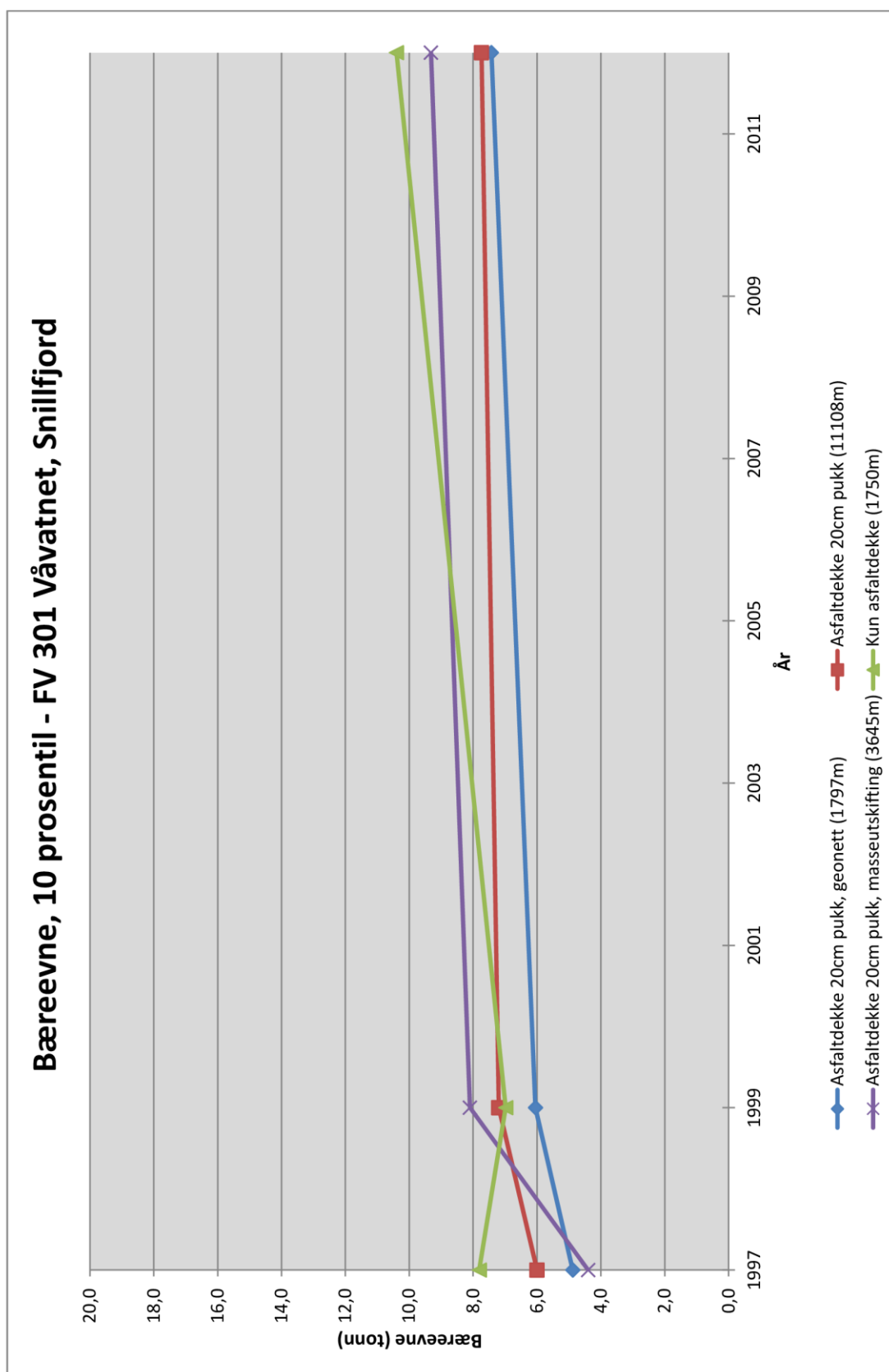


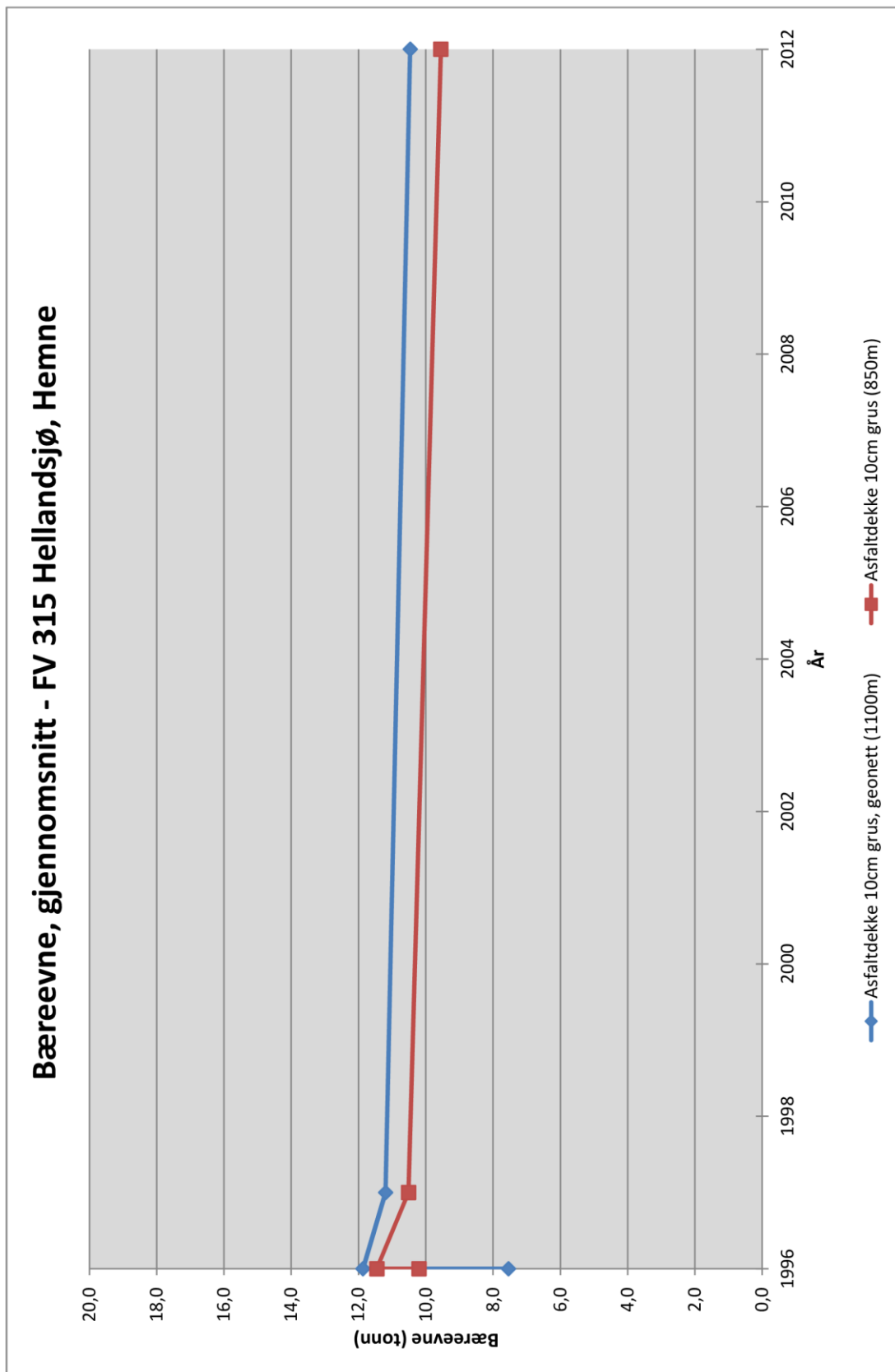
# **Bilag 6**

## **Utvikling av Bæreevne**

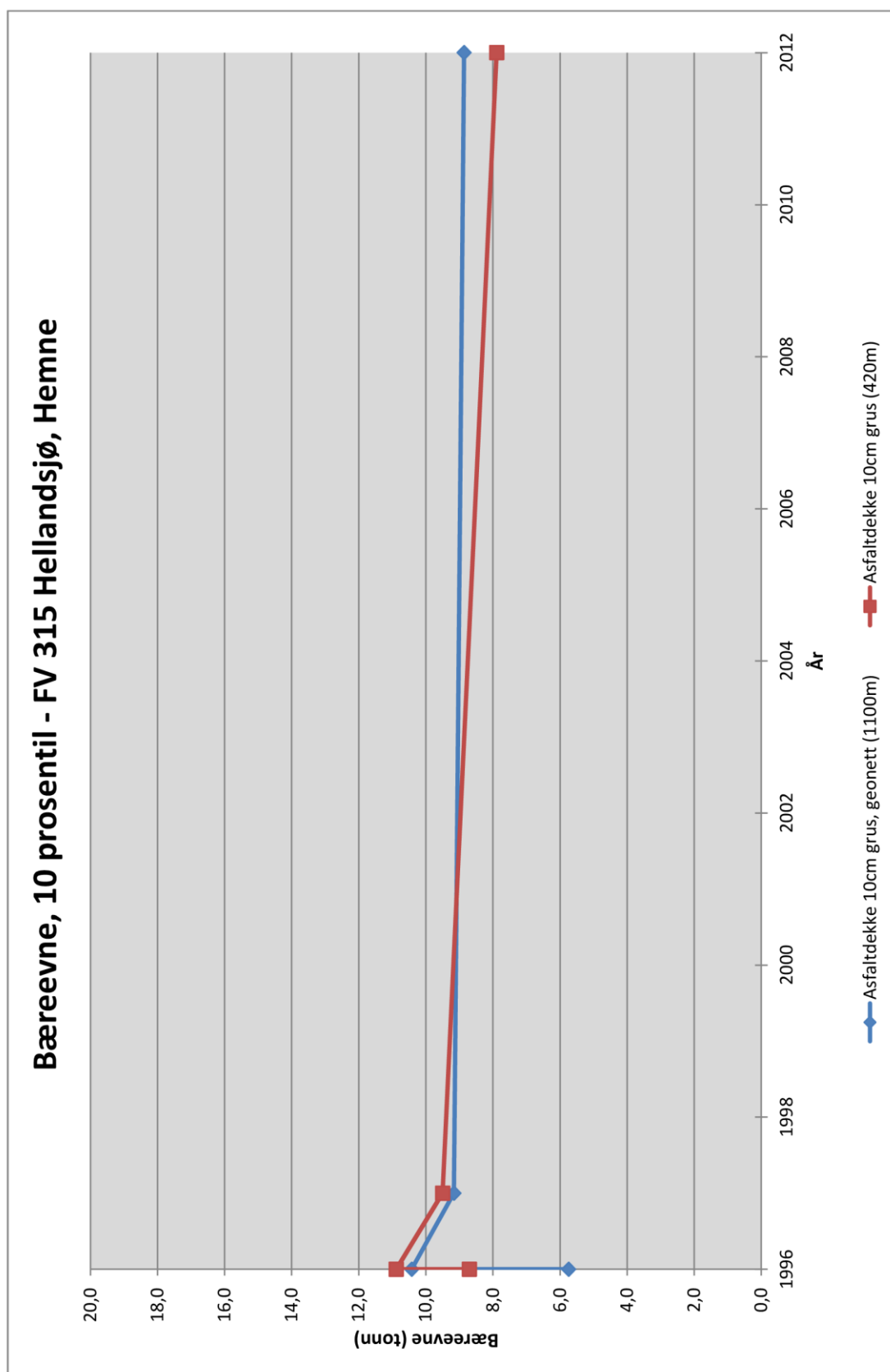
### **gjennomsnitt og 10 prosentil**

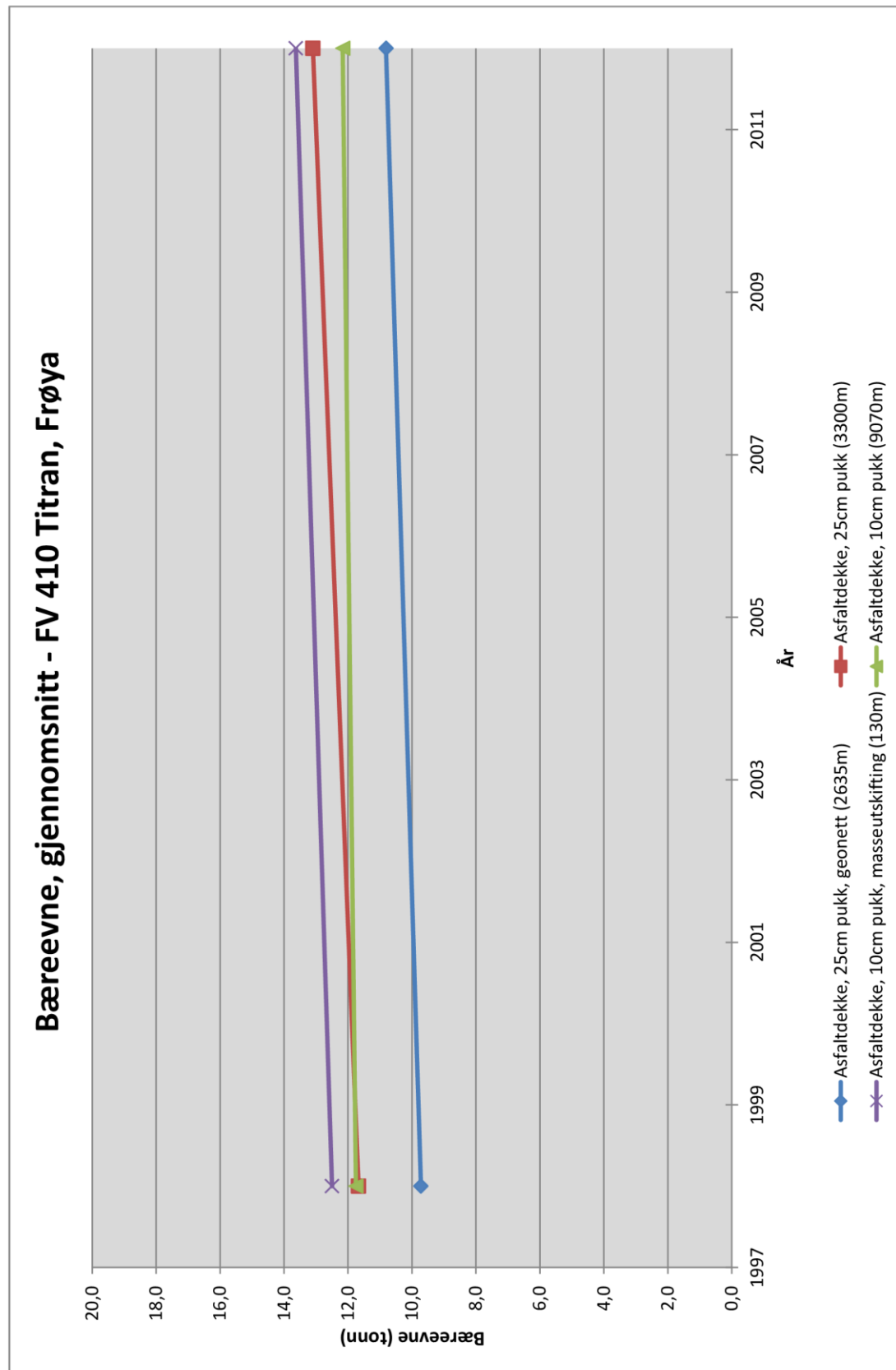


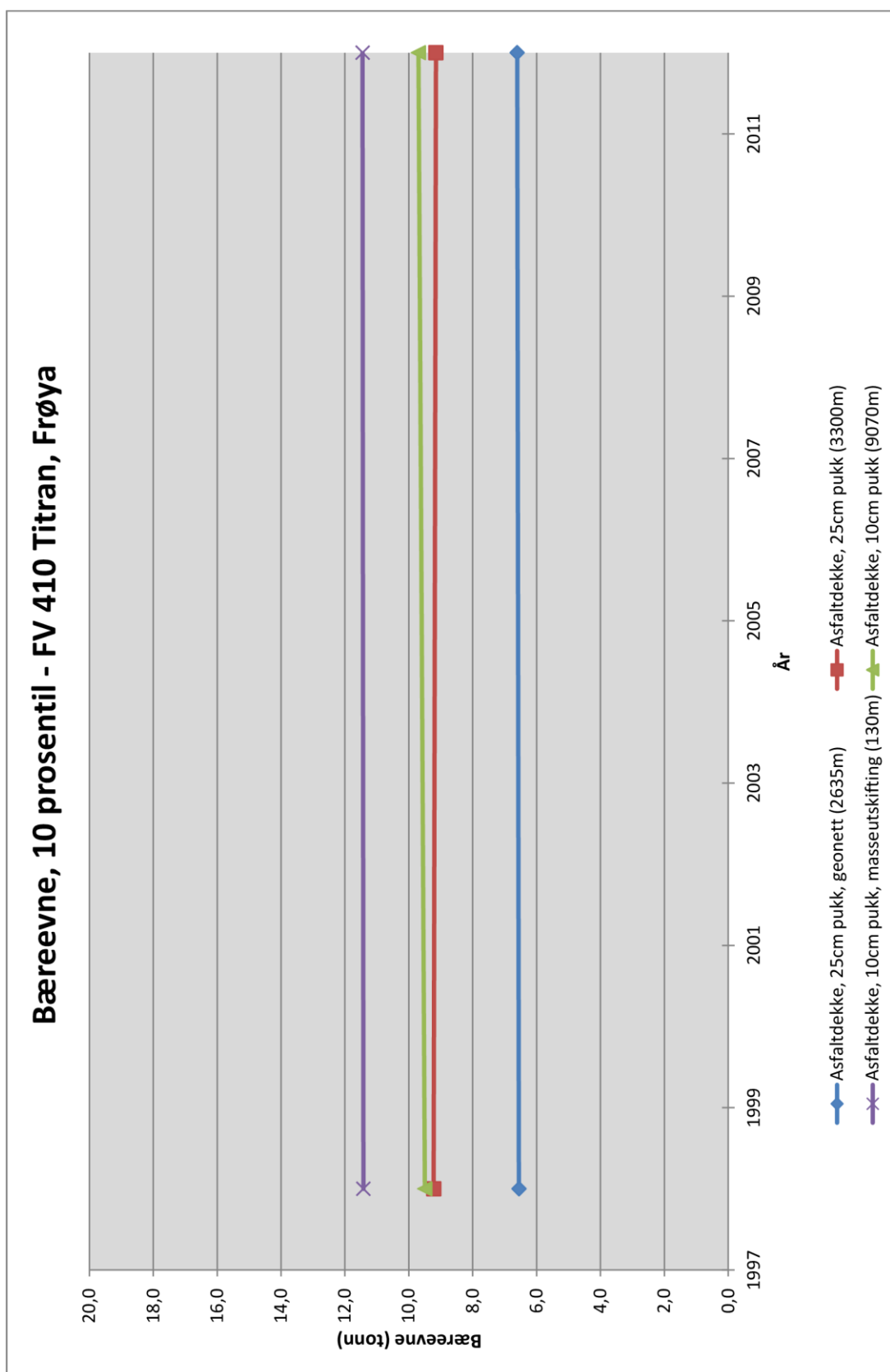


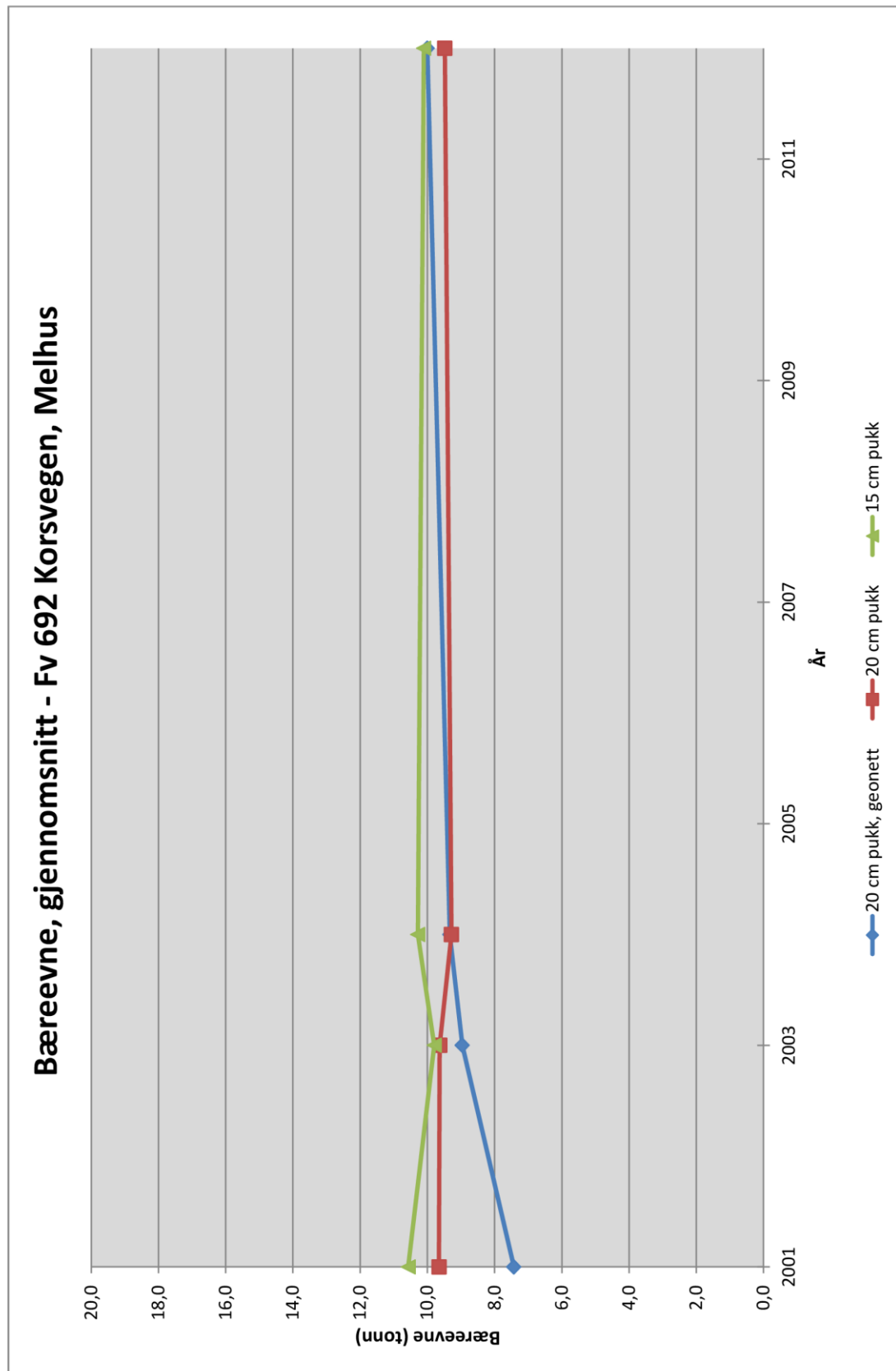


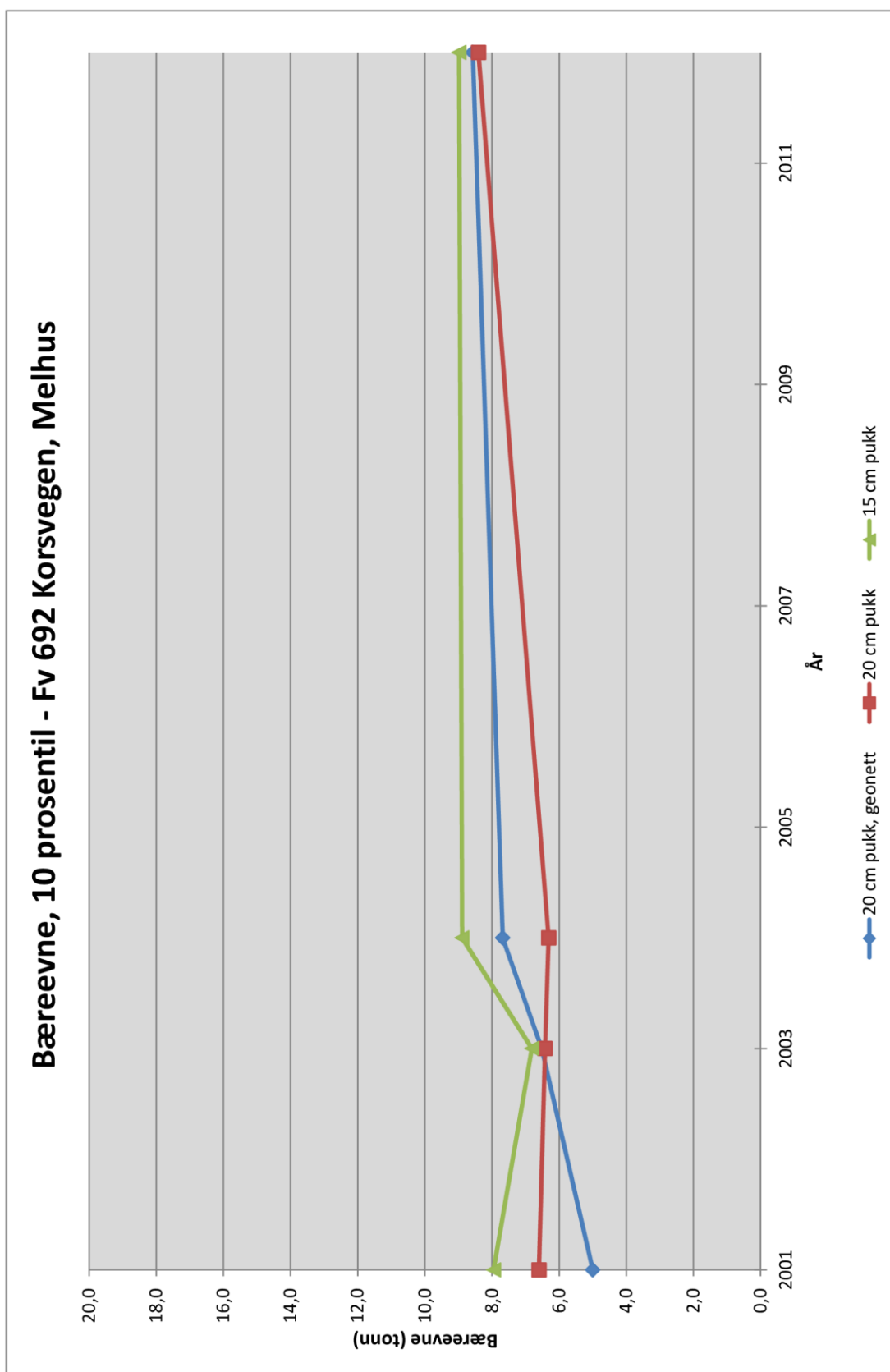


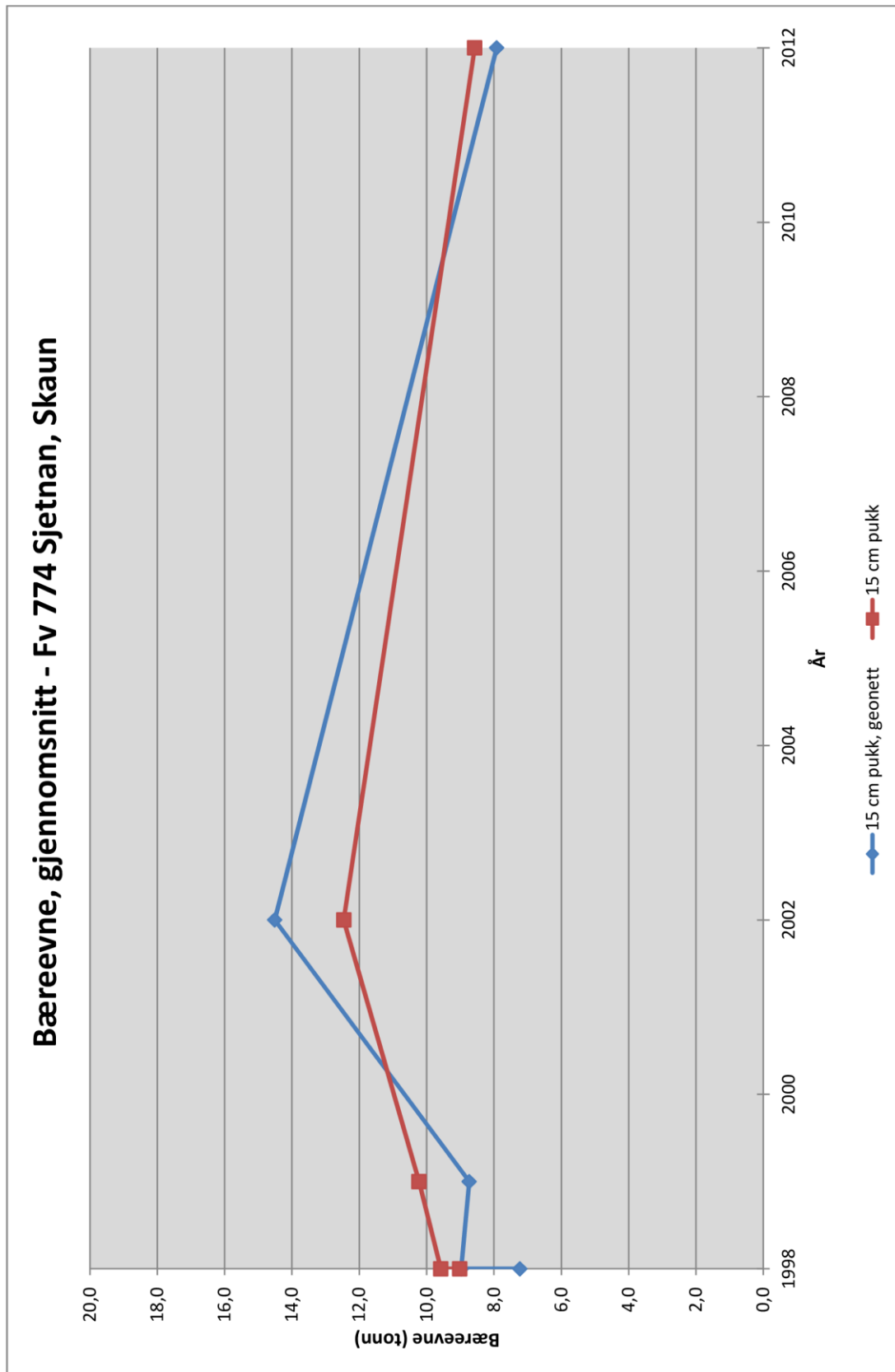


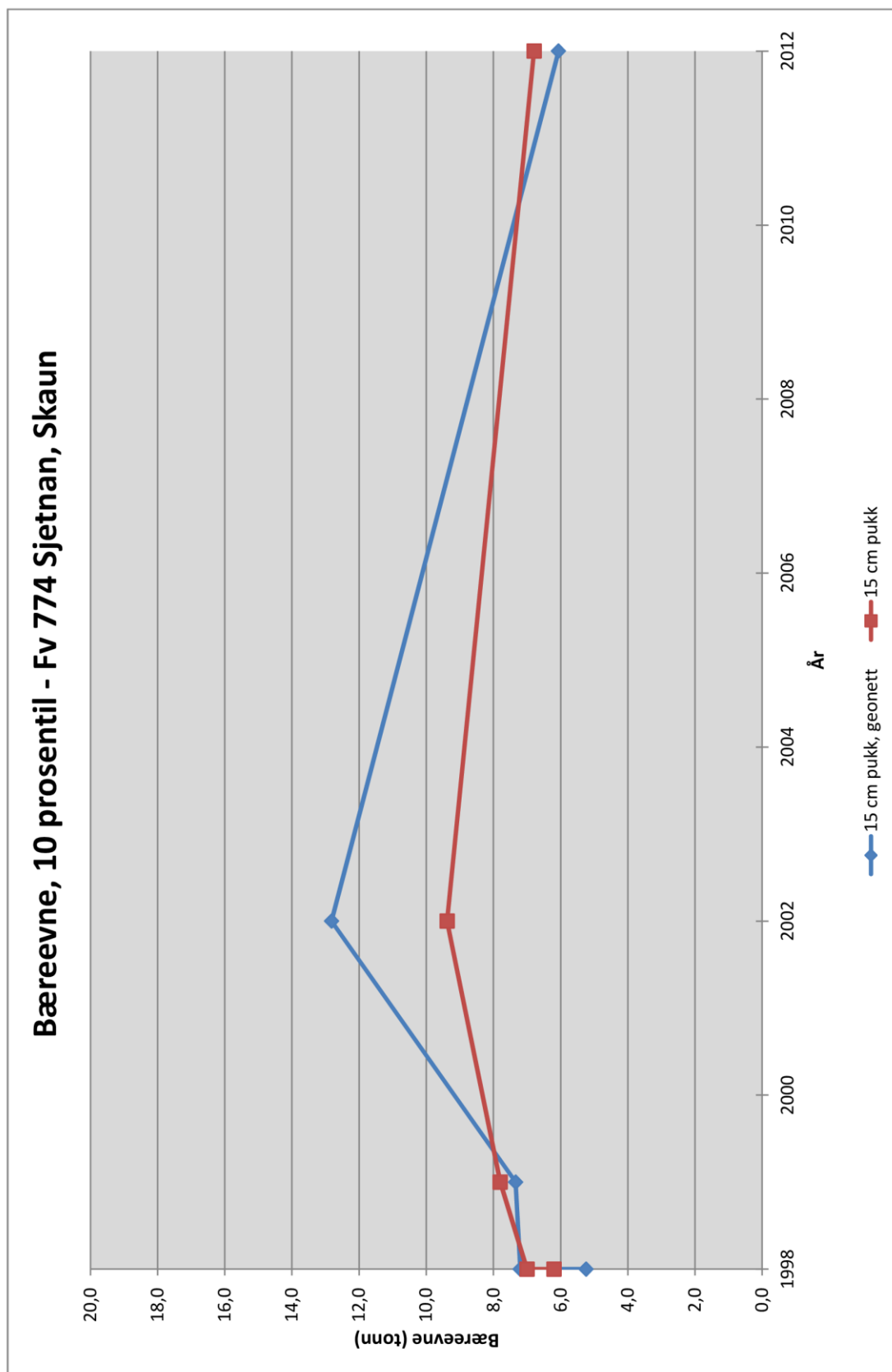












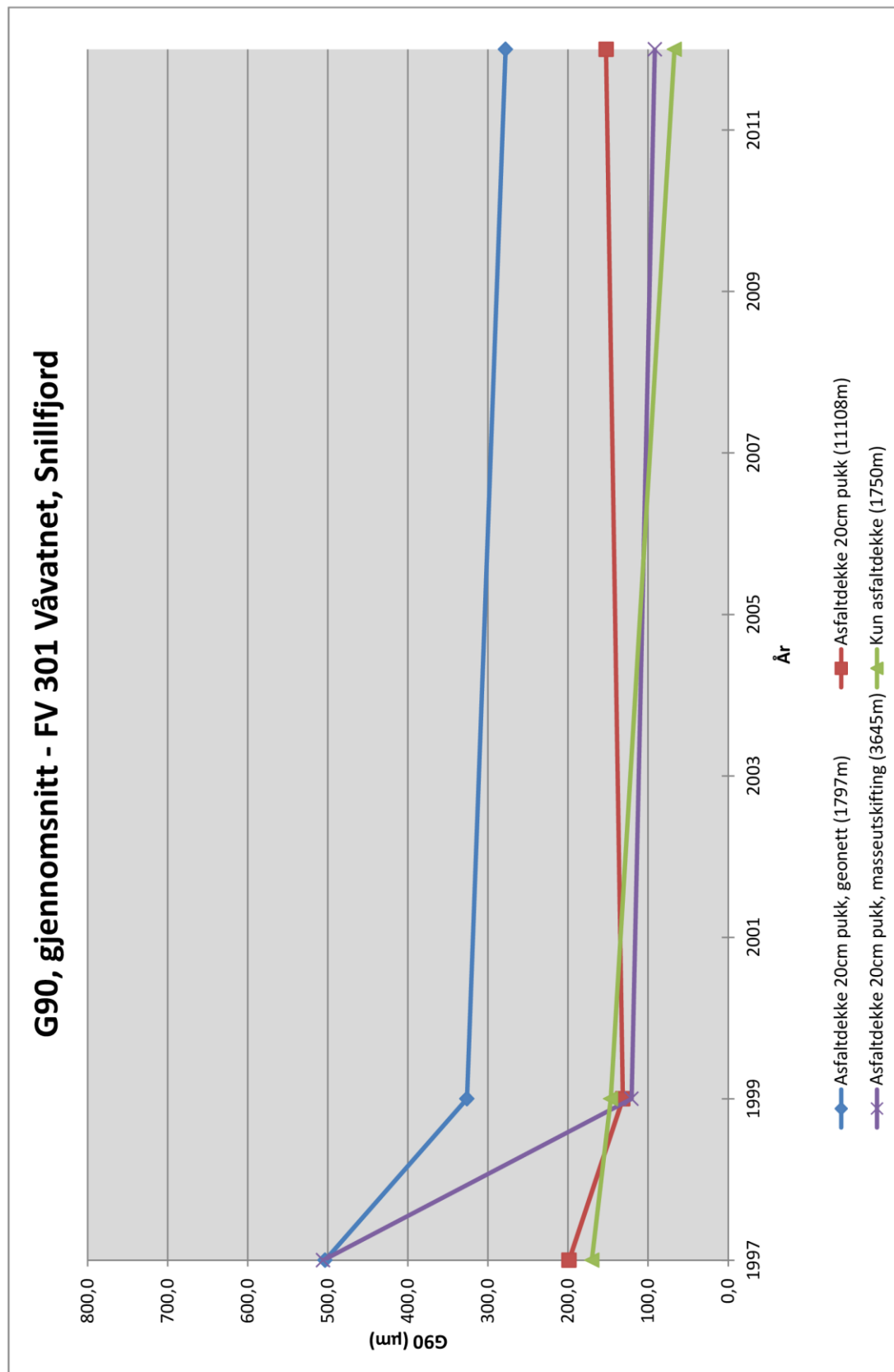
Bilag 6  
Utvikling av Bæreevne

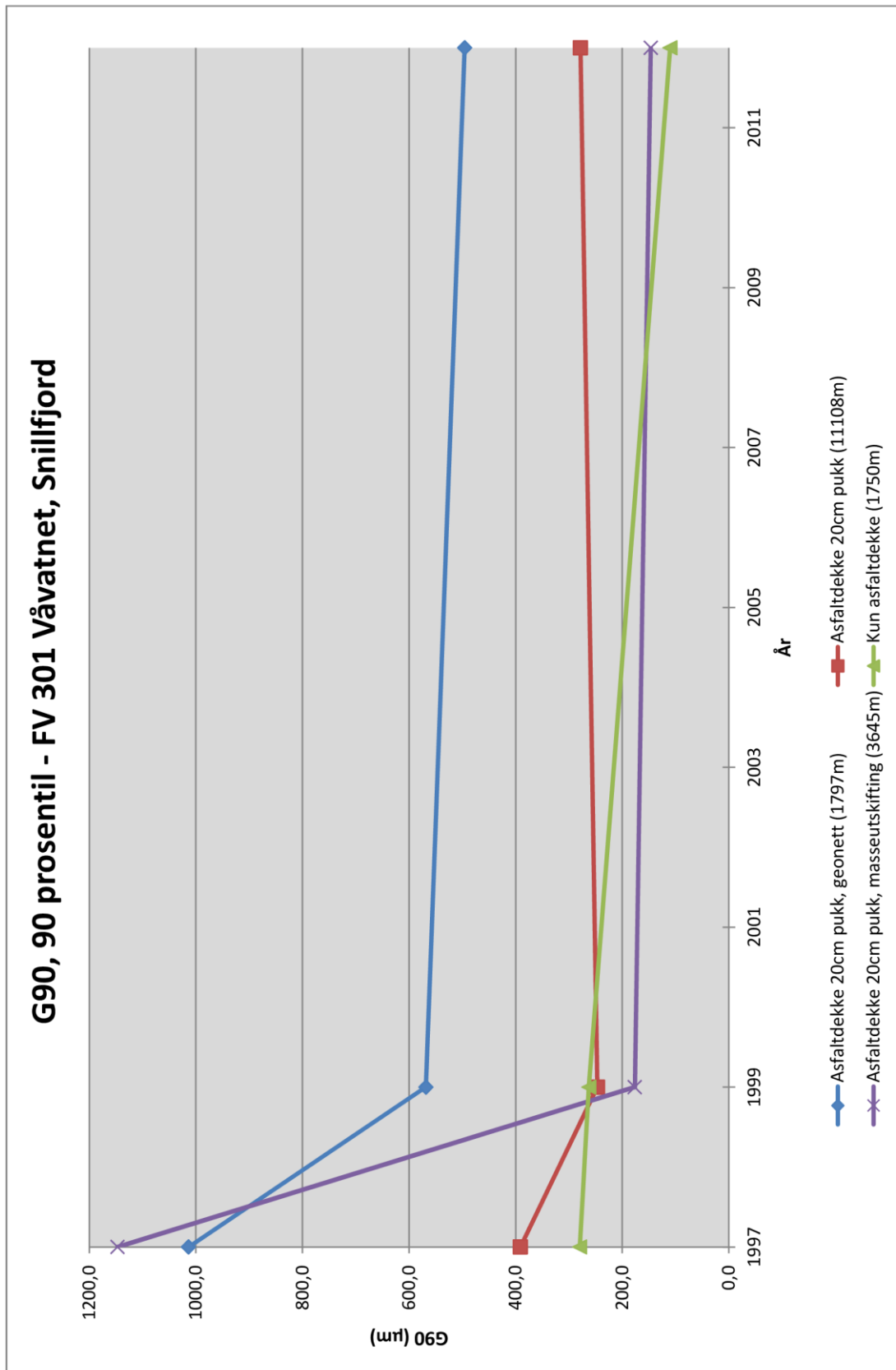


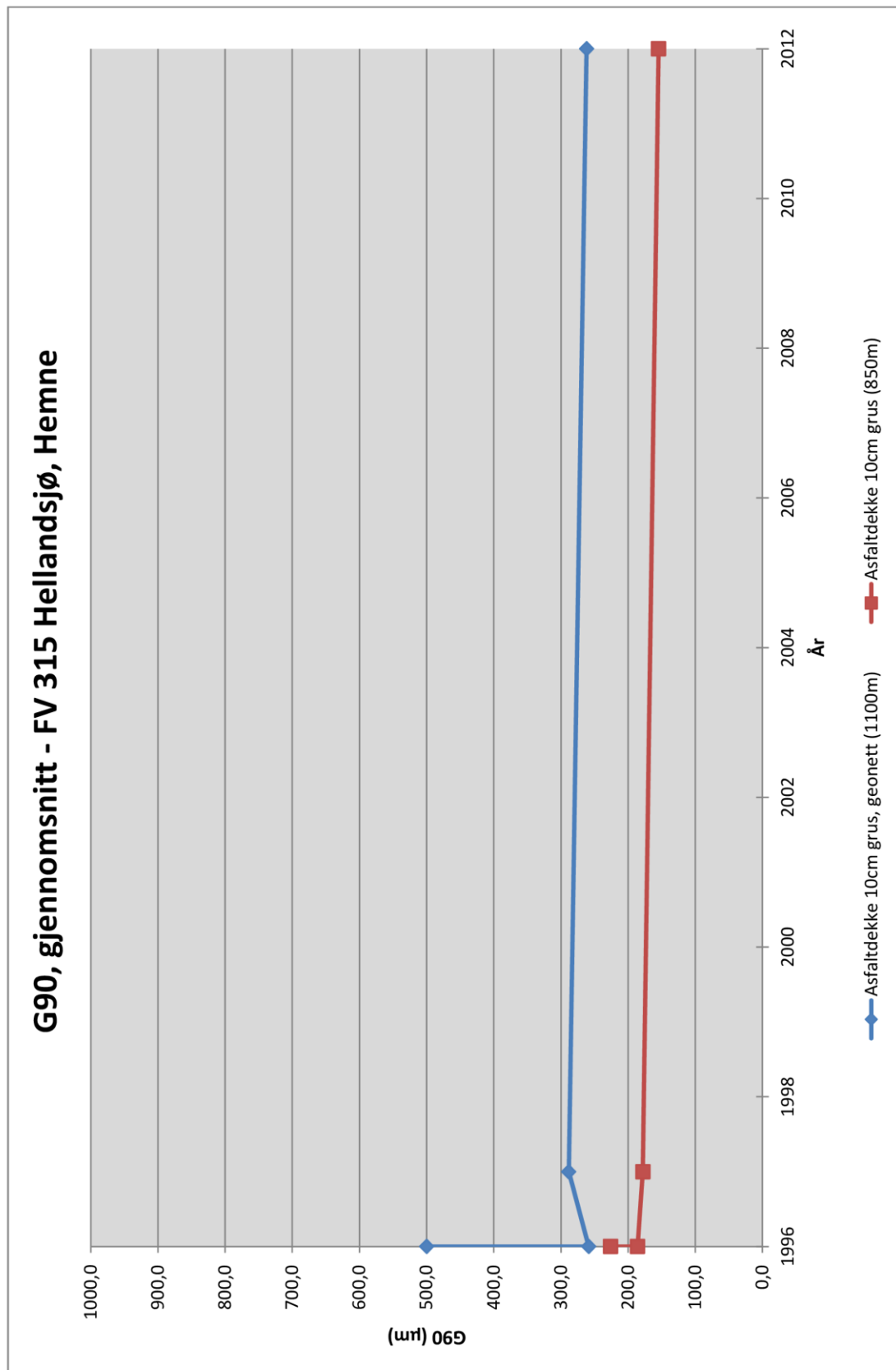
# **Bilag 7**

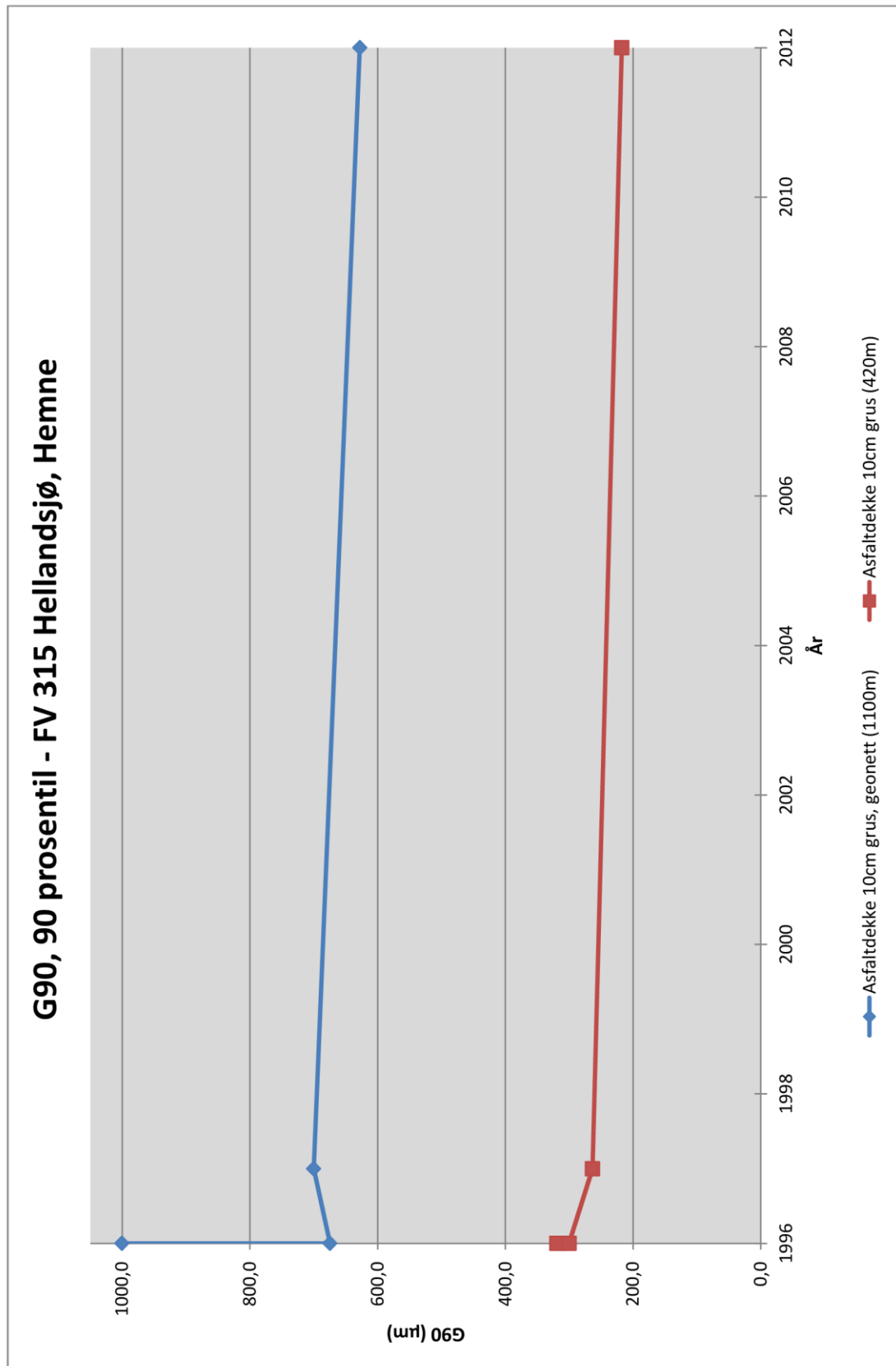
## **Utvikling av G90-verdi**

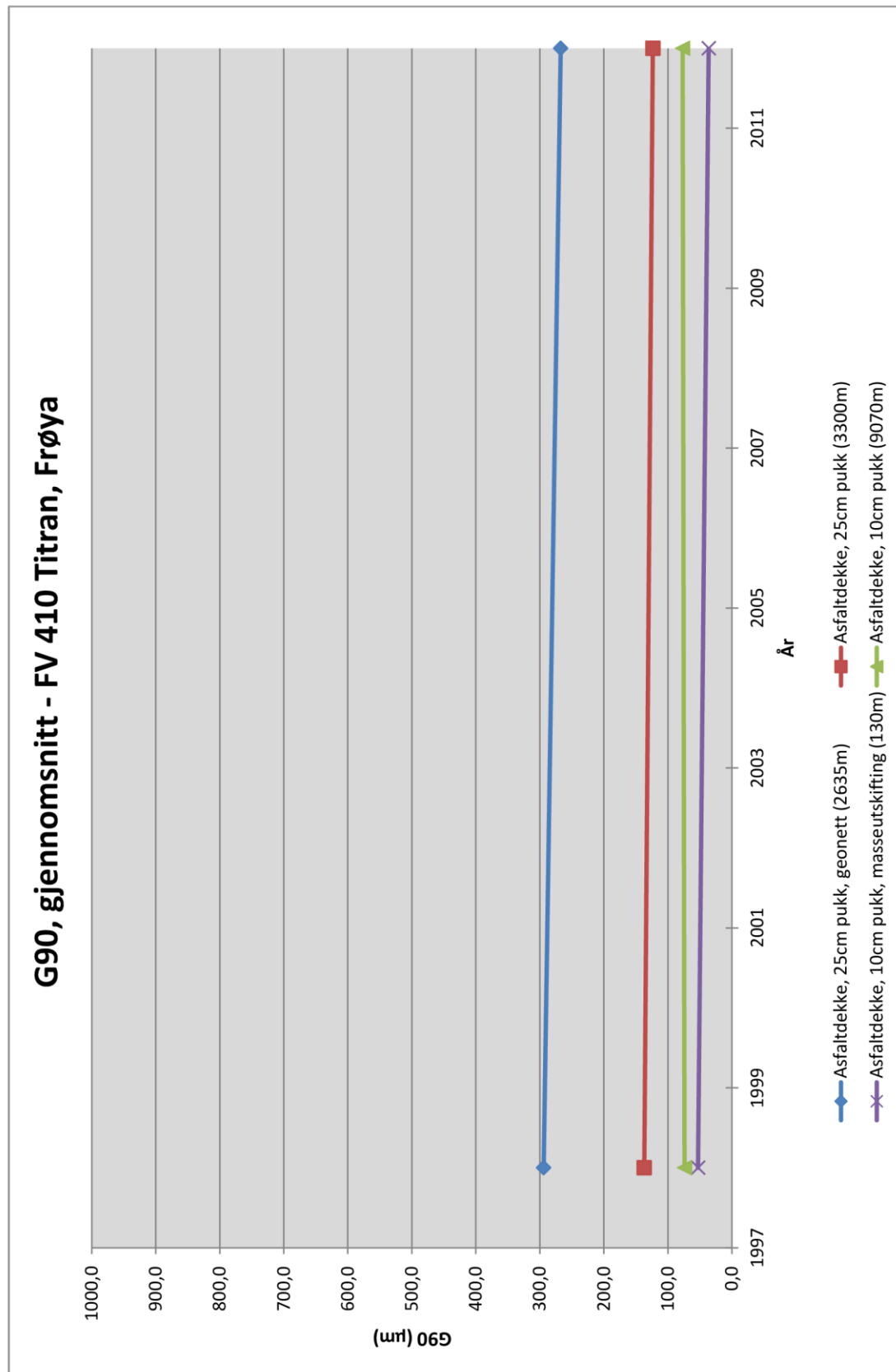
### **gjennomsnitt og 90 prosentil**

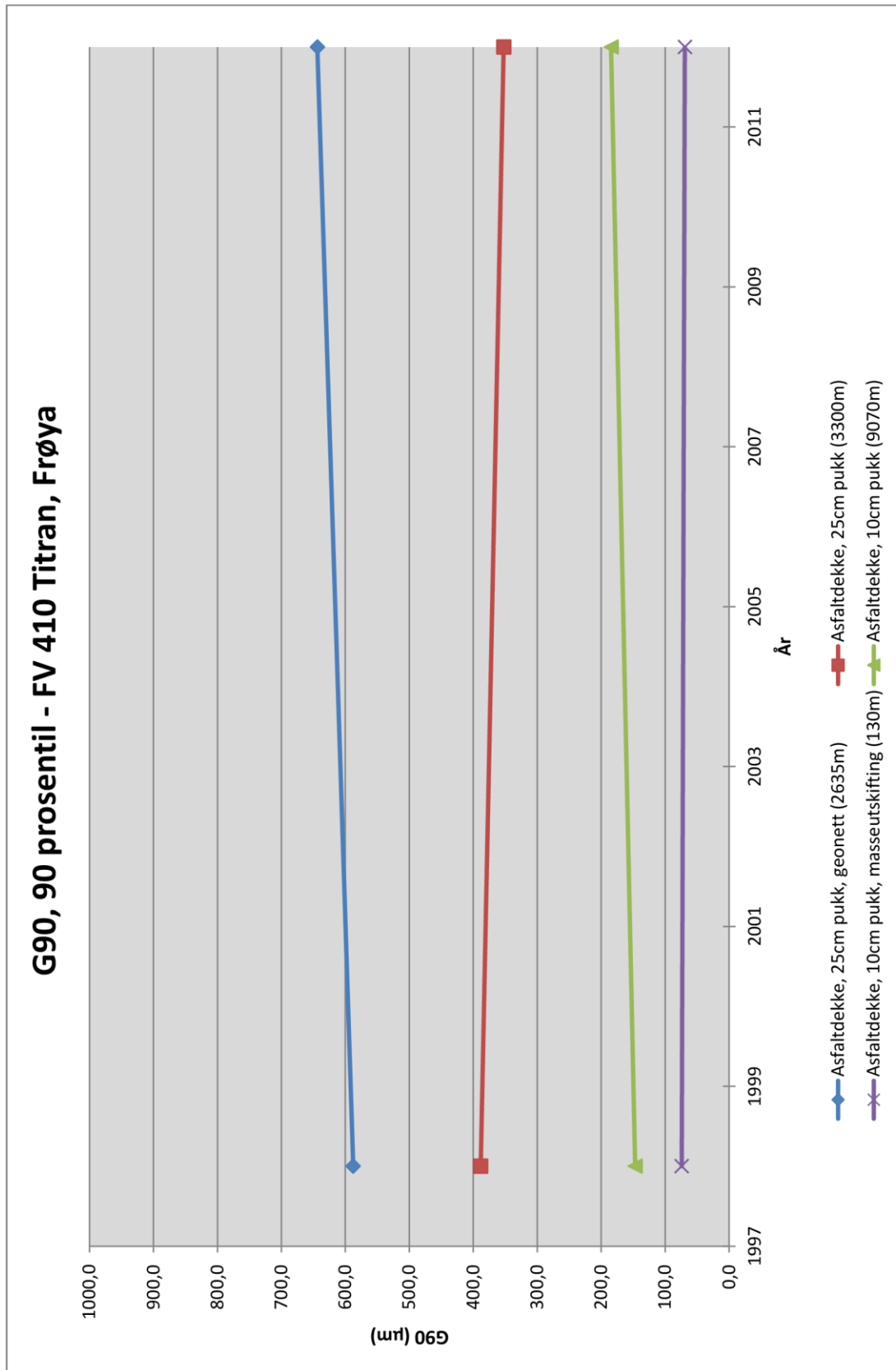


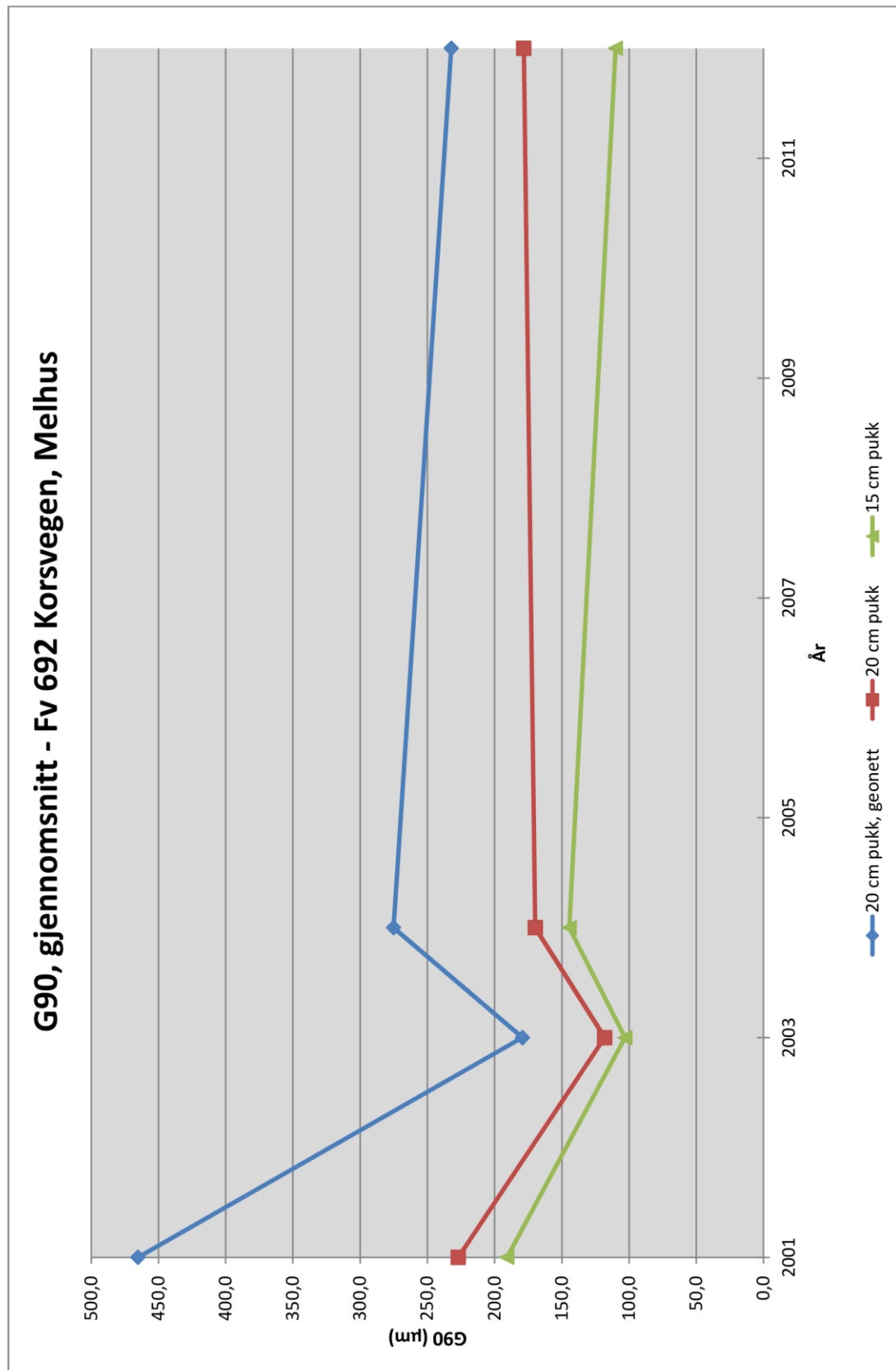




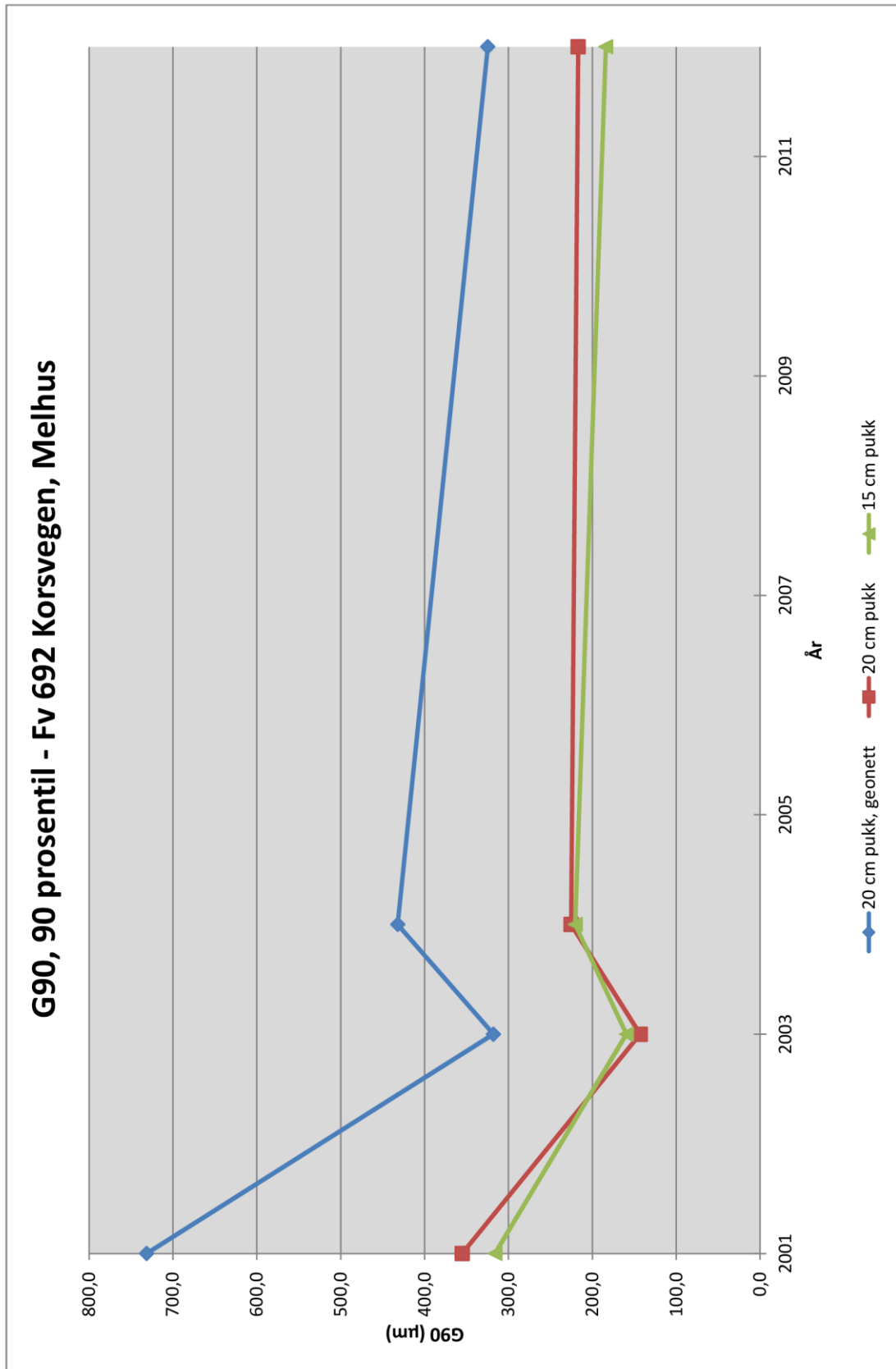


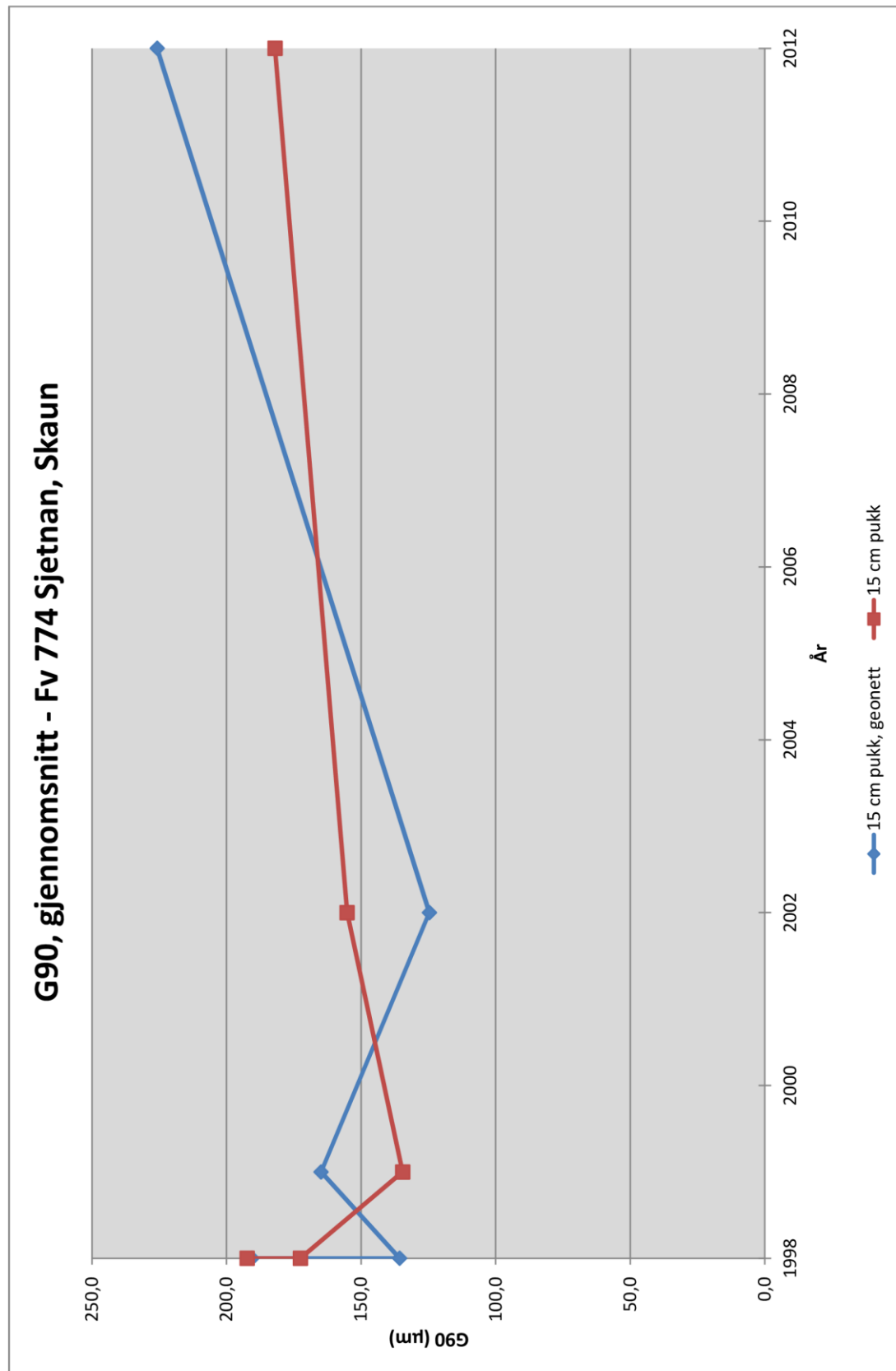


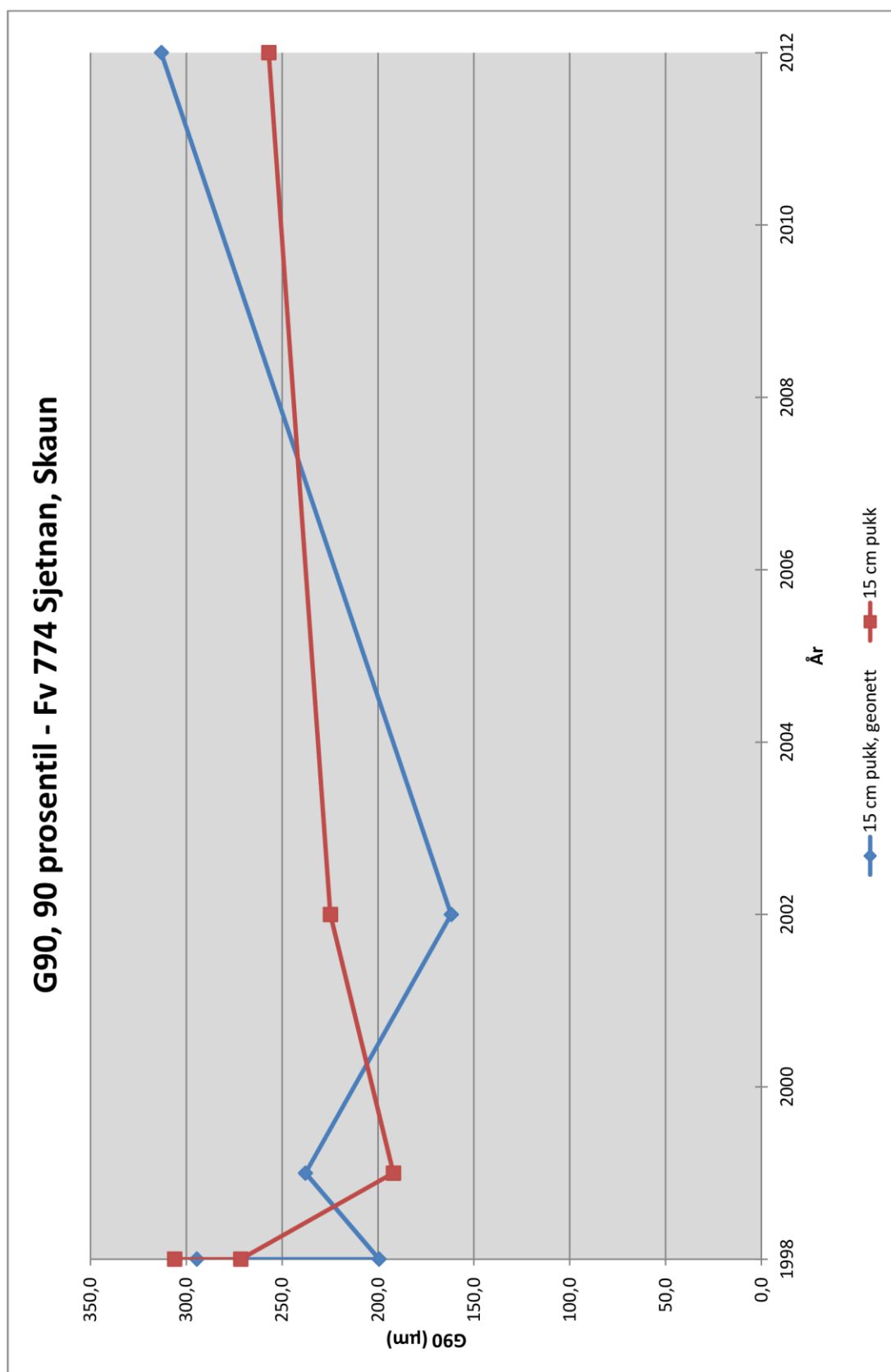












Bilag 7  
Utvikling av G90-verdi

# **Bilag 8**

## **Skaderegistrering**

## Bilag 8

### Skaderegistrering

profiler (m)	profiler (km)	lengde	skadetype	alvorlighet (skadekatalogen)	utbredelse (skadekatalogen)	geonett?
<b>Heimsjø</b>						
252	0,252	10	langsgående sprekk	m	1	nei
262	0,262					
330	0,33	42	langsgående sprekk	m	2	nei
372	0,372					
440	0,44	12	langsgående sprekk	m	1	ja
452	0,452					
512	0,512	120	langsgående sprekk	m	2	ja
632	0,632					
692	0,692	20	langsgående sprekk	m	3	ja
712	0,712					
732	0,732	48	langsgående sprekk	m	1	ja
780	0,78					
850	0,85	30	langsgående sprekk	m	1	ja
880	0,88					
940	0,94	5	langsgående sprekk	l	1	ja
945	0,945					
990	0,99	20	langsgående sprekk	m	1	ja
1010	1,01					
1115	1,115	15	langsgående sprekk	m	1	ja
1130	1,13					
1333	1,333	37	langsgående sprekk	h	1	ja
1370	1,37					
1500	1,5	10	langsgående sprekk	l	1	ja
1510	1,51					
<b>Våvatnet (2010)</b>						
72	0,072	240	langsgående sprekker	m	2	nei
312	0,312					
500	0,5	272	langsgående sprekker	m	2	nei
772	0,772					
772	0,772	43	langsgående sprekker	m	1	ja
815	0,815					
852	0,852	38	langsgående sprekker	m	2	nei
890	0,89					
932	0,932	58	langsgående sprekker	h	1	nei
990	0,99					
1395	1,395	65	langsgående sprekker	m	1	nei
1460	1,46					
1595	1,595	55	langsgående sprekker	m	2	nei
1650	1,65					

Bilag 8  
Skaderegistrering

1650 1730	1,65 1,73	80	langsgående sprekker	l	1	nei
1770 1800	1,77 1,8	30	langsgående sprekker	l	1	nei
2710 2800	2,71 2,8	90	langsgående sprekker	h	1	nei
3150 3195	3,15 3,195	45	langsgående sprekker	m	2	ja
3250 3280	3,25 3,28	30	langsgående sprekker	l	2	nei
3450 3480	3,45 3,48	30	langsgående sprekker	l	1	nei
3670 3690	3,67 3,69	20	langsgående sprekker	l	1	nei
3710 3720	3,71 3,72	10	langsgående sprekker	l	1	nei
3955 3990	3,955 3,99	35	langsgående sprekker	m	2	nei
4055 4075	4,055 4,075	20	langsgående sprekker	l	2	nei
4130 4200	4,13 4,2	70	langsgående sprekker	m	2	nei
4200 4300	4,2 4,3	100	langsgående sprekker	l	1	nei
4430 4460	4,43 4,46	30	langsgående sprekker	l	2	nei
5070 5190	5,07 5,19	120	langsgående sprekker	m	2	nei
5850 5870	5,85 5,87	20	langsgående sprekker	m	1	nei
8050 8065	8,05 8,065	15	langsgående sprekker	m	1	nei
9750 9830	9,75 9,83	80	langsgående sprekker	m	1	ja
11270 11285	11,27 11,285	15	langsgående sprekker	m	1	nei
11430 11490	11,43 11,49	60	langsgående sprekker	m	1	nei
11520 11550	11,52 11,55	30	langsgående sprekker	m	1	nei
11960 12020	11,96 12,02	60	langsgående sprekker	m	2	nei
13290 13330	13,29 13,33	40	langsgående sprekker	l	2	nei

## Bilag 8

### Skaderegistrering

13820	13,82	110	langsgående sprekker	m	1	nei
13930	13,93					
13960	13,96	30	langsgående sprekker/ krakerlering	h	3	nei
13990	13,99					
14450	14,45	10	langsgående sprekker	l	1	nei
14460	14,46					
14590	14,59	70	krakelering	l	1	nei
14660	14,66					
15230	15,23	10	langsgående sprekker	l	1	nei
15240	15,24					
15450	15,45	40	langsgående sprekker	l	1	nei
15490	15,49					
15570	15,57	20	langsgående sprekker/ krakerlering	h	1	nei
15590	15,59					
15590	15,59	80	langsgående sprekker/ krakerlering	m	1	nei
15670	15,67					
15910	15,91	10	langsgående sprekker/ krakerlering	m	1	nei
15920	15,92					
15970	15,97	20	langsgående sprekker/ krakerlering	m	1	nei
15990	15,99					
16620	16,62	90	langsgående sprekker	m	2	nei
16710	16,71					
16820	16,82	20	langsgående sprekker	m	1	nei
16840	16,84					
16840	16,84	50	langsgående sprekker/ krakerlering	m	1	nei
16890	16,89					
17570	17,57	30	langsgående sprekker	m	1	nei
17600	17,6					
17830	17,83	40	langsgående sprekker	l	1	nei
17870	17,87					

#### Hellandsjø

40	0,04	50	langsgående sprekker	h	1	nei
90	0,09					
215	0,215	55	langsgående sprekker	h	1	nei
270	0,27					
290	0,29	80	langsgående sprekker	h	2	nei
370	0,37					
470	0,47	5	langsgående sprekker	h	2	nei
475	0,475					
490	0,49	120	langsgående sprekker	h	2	nei
610	0,61					



Bilag 8  
Skaderegistrering

950	0,95	10	langsgående sprekker	m	1	ja
960	0,96					
1430	1,43	40	langsgående sprekker	l	1	ja
1470	1,47					
1475	1,475	135	langsgående sprekker	h	1	ja
1610	1,61					
1770	1,77	140	langsgående sprekker	h	2	nei
1910	1,91					
1930	1,93	30	langsgående sprekker	h	2	nei
1960	1,96					

<b>Titran</b>						
11	0,011	49	krakelering	m	3	nei
60	0,06					
70	0,07	10	krakelering	m	1	nei
80	0,08					
110	0,11	10	krakelering	l	1	nei
120	0,12					
190	0,19	110	krakelering	l	1	nei
300	0,3					
330	0,33	45	krakelering	m	2	ja
375	0,375					
600	0,6	280	krakelering	m	3	nei
880	0,88					
1030	1,03	320	krakelering	h	2	nei
1350	1,35					
1410	1,41	140	krakelering	h	3	nei
1550	1,55					
1550	1,55	40	krakelering	m	1	nei
1590	1,59					
1770	1,77	40	krakelering	m	1	nei
1810	1,81					
1830	1,83	20	krakelering	m	1	nei
1850	1,85					
1900	1,9	110	krakelering	m	2	nei
2010	2,01					
2030	2,03	100	krakelering	h	2	nei
2130	2,13					
2150	2,15	80	krakelering	m	3	nei
2230	2,23					

## Bilag 8

### Skaderegistrering

2250	2,25	120	krakelering	m	1	nei
2370	2,37					
2410	2,41	60	krakelering	m	1	nei
2470	2,47					
2490	2,49	80	krakelering	m	1	nei
2570	2,57					
2710	2,71	40	krakelering	h	1	nei
2750	2,75					
2770	2,77	40	krakelering	h	1	nei
2810	2,81					
2830	2,83	40	langsgående sprekker	m	1	nei
2870	2,87					
2870	2,87	100	krakelering	h	2	nei
2970	2,97					
3034	3,034	96	krakelering	m	1	nei
3130	3,13					
3170	3,17	240	krakelering	m	2	ja
3410	3,41					
3690	3,69	20	krakelering	l	1	ja
3710	3,71					
3760	3,76	150	krakelering	m	2	nei
3910	3,91					
3950	3,95	10	krakelering	h	3	nei
3960	3,96					
3990	3,99	60	krakelering	m	1	nei
4050	4,05					
4050	4,05	10	krakelering	h	3	nei
4060	4,06					
4110	4,11	80	krakelering	m	2	ja
4190	4,19					
4330	4,33	10	krakelering	m	2	ja
4340	4,34					
4350	4,35	125	utglidning	m	1	nei
4475	4,475					
4540	4,54	90	krakelering	m	2	ja
4630	4,63					
4660	4,66	150	krakelering	m	1	ja
4810	4,81					
4870	4,87	10	krakelering	m	2	ja
4880	4,88					
4950	4,95	180	krakelering	m	2	ja
5130	5,13					

Bilag 8  
Skaderegistrering

5150 5315	5,15 5,315	165	krakelering	h	3	nei
5370 6280	5,37 6,28	910	krakelering	h	2	nei
6330 6370	6,33 6,37	40	krakelering	m	2	nei
6540 6590	6,54 6,59	50	krakelering	m	1	nei
6750 6770	6,75 6,77	20	krakelering	m	1	nei
6925 7130	6,925 7,13	205	krakelering	m	2	ja
7210 7250	7,21 7,25	40	krakelering	m	1	nei
7350 7370	7,35 7,37	20	krakelering	m	1	nei
7620 7630	7,62 7,63	10	krakelering	m	1	nei
7770 7810	7,77 7,81	40	krakelering	h	1	nei
7880 7890	7,88 7,89	10	krakelering	m	1	ja
7940 8000	7,94 8	60	langsgående sprekker	m	1	nei
8150 8190	8,15 8,19	40	langsgående sprekker	m	1	nei
8200 8220	8,2 8,22	20	krakelering	l	1	ja
8430 8445	8,43 8,445	15	langsgående sprekker	m	1	nei
8475 8595	8,475 8,595	120	krakelering	m	2	ja
8640 8680	8,64 8,68	40	krakelering	m	2	ja
8810 8820	8,81 8,82	10	krakelering	m	2	nei
8935 8950	8,935 8,95	15	krakelering	m	1	nei
9000 9090	9 9,09	90	krakelering	m	2	nei
9180 9210	9,18 9,21	30	krakelering	h	3	nei
9220 9335	9,22 9,335	115	krakelering	m	2	nei
9335	9,335	15	langsgående sprekker	h	1	nei

## Bilag 8

### Skaderegistrering

9350	9,35						
9800	9,8	90	krakelering	m	1	nei	
9890	9,89						
10335	10,335	85	krakelering	m	1	nei	
10420	10,42						
10450	10,45	10	krakelering	m	3	nei	
10460	10,46						
10500	10,5	40	krakelering	m	1	nei	
10540	10,54						
11210	11,21	25	krakelering	h	2	nei	
11235	11,235						
11430	11,43	30	langsgående sprekker	m	1	nei	
11460	11,46						
11700	11,7	60	krakelering	m	2	nei	
11760	11,76						
11955	11,955	65	langsgående sprekker	m	1	nei	
12020	12,02						
12040	12,04	60	langsgående sprekker	m	1	nei	
12100	12,1						
12440	12,44	40	langsgående sprekker	m	1	nei	
12480	12,48						
12690	12,69	30	langsgående sprekker	m	1	nei	
12720	12,72						
12800	12,8	30	krakelering	m	1	nei	
12830	12,83						
13000	13	40	krakelering	h	3	nei	
13040	13,04						
13150	13,15	30	langsgående sprekker	m	1	nei	
13180	13,18						
13210	13,21	10	krakelering	m	2	nei	
13220	13,22						
13310	13,31	50	krakelering	m	2	nei	
13360	13,36						
13440	13,44	40	krakelering	m	2	nei	
13480	13,48						
13560	13,56	30	krakelering	m	3	nei	
13590	13,59						
13850	13,85	80	krakelering	m	2	nei	
13930	13,93						
14020	14,02	30	krakelering	m	2	nei	
14050	14,05						
14140	14,14	25	langsgående sprekker	l	1	nei	
14165	14,165						
14210	14,21	25	krakelering	m	2	nei	
14235	14,235						

Bilag 8  
Skaderegistrering

14480	14,48	20	krakelering	l	1	nei
14500	14,5					
14560	14,56	30	krakelering	m	2	nei
14590	14,59					
14610	14,61	100	krakelering	m	3	nei
14710	14,71					
14745	14,745	135	krakelering	m	2	nei
14880	14,88					

**Korsvegen**

6033	6,033	17	langsgående sprekker	m	1	nei
6050	6,05					
6050	6,05	30	langsgående sprekker	m	3	nei
6080	6,08					
6150	6,15	10	langsgående sprekker	m	1	ja
6160	6,16					
6370	6,37	5	langsgående sprekker	l	1	nei
6375	6,375					
6530	6,53	40	langsgående sprekker	m	1	nei
6570	6,57					
6600	6,6	25	langsgående sprekker	l	1	ja
6625	6,625					
6835	6,835	15	langsgående sprekker	l	1	nei
6850	6,85					
6870	6,87	40	langsgående sprekker	l	1	nei
6910	6,91					
7070	7,07	20	langsgående sprekker	m	1	nei
7090	7,09					
7130	7,13	5	langsgående sprekker	l	1	nei
7135	7,135					
7310	7,31	10	langsgående sprekker	m	1	nei
7320	7,32					
7475	7,475	35	langsgående sprekker	m	1	nei
7510	7,51					
7630	7,63	60	langsgående sprekker	m	1	nei
7690	7,69					
7735	7,735	35	langsgående sprekker	l	1	ja
7770	7,77					
7875	7,875	35	langsgående sprekker	l	1	ja
7910	7,91					
7935	7,935	80	langsgående sprekker	m	1	ja
8015	8,015					
8170	8,17	10	langsgående sprekker	m	1	ja

## Bilag 8

### Skaderegistrering

8180	8,18						
8390	8,39	20	langsgående sprekker	m	1	nei	
8410	8,41						
8470	8,47	10	langsgående sprekker	m	1	nei	
8480	8,48						
8575	8,575	115	langsgående sprekker	m	1	nei	
8690	8,69						
8710	8,71	30	langsgående sprekker	m	3	nei	
8740	8,74						
8775	8,775	45	langsgående sprekker	m	1	nei	
8820	8,82						
8855	8,855	15	langsgående sprekker	m	1	nei	
8870	8,87						
8910	8,91	10	langsgående sprekker	m	1	nei	
8920	8,92						
8940	8,94	10	langsgående sprekker	m	1	nei	
8950	8,95						
8970	8,97	20	langsgående sprekker	l	1	nei	
8990	8,99						
9110	9,11	5	langsgående sprekker	l	1	ja	
9115	9,115						
9170	9,17	10	langsgående sprekker	l	1	ja	
9180	9,18						
9590	9,59	30	langsgående sprekker	l	1	ja	
9620	9,62						
9650	9,65	10	langsgående sprekker	l	1	ja	
9660	9,66						
9790	9,79	10	langsgående sprekker	l	1	ja	
9800	9,8						
9865	9,865	45	langsgående sprekker	m	1	ja	
9910	9,91						
9930	9,93	20	langsgående sprekker	m	1	ja	
9950	9,95						
10130	10,13	60	langsgående sprekker	m	1	nei	
10190	10,19						
10270	10,27	5	langsgående sprekker	l	1	nei	
10275	10,275						
10290	10,29	40	langsgående sprekker	m	2	nei	
10330	10,33						
10475	10,475	25	langsgående sprekker	m	1	nei	
10500	10,5						