

Publikasjon nr. 15

Betonggulv
Gulv på grunn og påstøp

September 2018

Atle Solbakken: Uke 46/2019

Norsk Betongforenings publikasjoner er utarbeidet av fagpersoner utnevnt av Norsk Betongforenings styre. Det er gjort det ytterste for å sikre at innholdet er i samsvar med kjent viten på det tidspunktet redaksjonen ble avsluttet. Feil eller mangler kan likevel forekomme.

Norsk Betongforening, forfattere eller fagkomiteen har intet ansvar for feil eller mangler i publikasjonen og mulige konsekvenser av disse.

Det forutsettes av publikasjonen benyttes av kompetente, fagkyndige ingeniører med forståelse for begrensningene og forutsetningene som legges til grunn.

Forord

Denne utgaven av Norsk Betongforening Publikasjon nr. 15 «Betonggulv – gulv på grunn og påstøp» avløser revisjon nr. 1 fra 1998. Publikasjonen ble første gang utgitt i 1985.

Hovedendringene er:

- Ny oppbygging med oppdatering i henhold til dagens kunnskap og regelverk
- Nytt kapittel om dimensjonering
- Innføring av gulvklasser med rissviddekrav
- Metoder for å dokumentere totalt svinn og selvuttørking av betong
- Nye anbefalinger for utførelse av ulike konstruksjonsløsninger

Komiteen har bestått av:

Tom I. Fredvik, NorBetong AS / Norcem AS, leder
Hans Stemland, SINTEF Byggforsk
Bernt Kristiansen, AF Gruppen Norge AS
Arne Vatnar, Unicon AS / Skanska Norge AS
Bjørn Uppstad, Procon Rådgivende Ingeniører AS
Ola Bondestad, Tiller-Vimek AS
Dagfinn Eriksen, Byggmester Dagfinn Eriksen
Kristin Eikemo, Kruse Smith Entreprenør AS
Alf Egil Mathisen, Veidekke Entreprenør AS / Centerpoint AS (Jernbaneverket)
Tommy Cielicki, FABEKO

Vi takker følgende firmaer for finansiell støtte til revisjon av publikasjonen:

Adda Byggkjemi AS
BASF AS
Bekaert Norge AS
Cemex AS
Norcem AS
Kruse Smith Entreprenør AS
Mapei AS
NorBetong AS
RIF – Rådgivende Ingeniørers Forening
Sandnes & Jærbetong AS
Sika Norge AS
Sola Betong AS
Stenseth & RS Entreprenør AS
Thunberg AS
Tiller Vimek AS
Unicon AS

September 2017
Norsk Betongforening

Oktober 2017:

Denne utgaven erstatter utgave av september 2017.

Tabell 3-6, tabell 3-7 og vedlegg B er endret.

Oslo, september 2017

September 2018:

Denne utgaven erstatter utgave av oktober 2017.

Endringen er presiseringen i avsnittet under om publikasjonens gyldighetsområde, samt at parentesene med arealangivelse av «større gulv» i forbindelse med krav til armering for gulv i Gulvklasse II er fjernet i teksten på side 19 og 55.

Publikasjonen dekker ikke gulvkonsepter basert på betongtyper der svinnpotensialet er redusert til et nivå på linje med eller lavere enn betongens strekkøyingsevne, ved hjelp av spesielle tilsetninger. Slike gulv er ikke utsatt for opprissing pga. fastholdte svinntøyninger, og prinsippene for rissviddebegrensning i denne publikasjonen er dermed ikke relevante. Sikker bruk av slike gulvkonsepter forutsetter at det reduserte svinnpotensialet kan dokumenteres.

Oslo, september 2018

Innhold

INNHold	1
FIGURER	9
TABELLER	12
1 INNLEDNING	13
1.1 Bakgrunn	13
1.2 Oppbygging av publikasjonen	13
1.3 Definisjoner	14
2 SPESIFIKASJON OG ANBEFALINGER	17
2.1 Gulvklasser	17
2.1.1 Krav til beregningsmessig rissvidde i Gulvklasse I	18
2.1.2 Krav til maksimalt totalt svinn	18
2.1.3 Krav til armering	19
2.1.4 Krav til minimumtykkelse	20
2.1.5 Krav til bestandighetsklasse	20
2.1.6 Krav til herdetiltak	20
2.2 Fremgangsmåte ved dimensjonering	21
2.3 Fukt og selvuttørkende betong	21
2.4 Egenskaper til fersk betong	22
2.5 Konstruksjonsløsninger	22
2.5.1 Flytende gulv	22
2.5.1.1 Oppdeling av felt	23
2.5.1.2 Fugeløsninger	23
2.5.1.3 Dybler	23
2.5.1.4 Fugeprofil	24
2.5.1.5 Varme- og kjølerør	24
2.5.1.6 Påstøp under anbefalt minimumstykkelse	24

2.5.2	Fastholdte gulv	24
2.5.3	Påstøp med heft.....	24
2.5.3.1	Forbehandling av underlaget.....	25
2.5.3.2	Hefebro	25
2.5.3.3	Støping	25
2.5.3.4	Herdetiltak.....	25
2.5.4	Påstøp på hulldekker	25
2.5.4.1	Flytende påstøp	26
2.5.4.2	Fastholdt påstøp for avretting.....	26
2.5.4.3	Fastholdt påstøp med skivevirkning	26
2.5.4.4	Påstøp med heft med kapasitetsøkende effekt.....	26
2.6	Overflater	26
2.6.1	Krav til overflater	27
2.6.2	Bearbeiding av fersk betong	27
2.6.3	Bearbeiding av herdet betong.....	27
2.6.4	Overflate med spesielt god motstandsevne mot flekker på grunn av væskesøl	27
2.6.5	Overflate med spesielt god slitesjemotstand	28
3	PROSJEKTERINGSGRUNNLAG	29
3.1	Konstruktive krav.....	29
3.1.1	Kontrollklasser.....	29
3.1.2	Eksponeringsklasser.....	29
3.1.3	Rissvidder	29
3.1.4	Laster	30
3.1.5	Armering.....	31
3.1.5.1	Slakkarmering.....	32
3.1.5.2	Fiberarmering	32
3.2	Funksjonskrav.....	38
3.2.1	Bærelag.....	38
3.2.2	Rissvidder	39

3.2.3	Toleranser for betongoverflater	40
3.2.4	Slitestyrke.....	40
3.2.5	Sklisikkerhet.....	41
3.2.6	Støvfrihet.....	42
3.2.7	Tetthet	42
3.2.8	Trinnlyd.....	42
3.3	Fuger.....	42
3.3.1	Innledning.....	42
3.3.2	Flytende gulv.....	43
3.3.3	Påstøp med heft.....	44
3.4	Svinnteori	44
3.4.1	Autogent svinn	44
3.4.2	Uttørkingssvinn	45
3.4.3	Totalt svinn	45
3.4.4	Egenspenninger fra uttørkingssvinn	46
3.4.5	Kantreising	48
3.4.6	Heft til underlaget.....	50
3.5	Fuktteori.....	51
3.5.1	Generelt	51
3.5.2	Krav til fukt i betonggulv	52
3.5.3	RF-målinger i betong	52
3.5.4	Estimering av tørketid	52
3.6	Gulvklasser.....	53
3.6.1	Krav til beregningsmessig rissvidde i Gulvklasse I	54
3.6.2	Krav til maksimalt totalt svinn.....	55
3.6.3	Krav til armering	55
3.6.4	Krav til minimumtykkelse	56
3.6.5	Krav til bestandighetsklasse	56
3.6.6	Krav til herdetiltak.....	56

3.7	Betongproporsjonering og -egenskaper	56
3.7.1	Innledning.....	56
3.7.2	Betongproporsjonering.....	56
3.7.3	Dokumentasjon av betongsammensetningens totale svinn	58
3.7.4	Dokumentasjon av betongsammensetningens selvuttørking	58
3.7.5	Trykk- og strekkfasthet.....	59
4	DIMENSJONERING	60
4.1	Innledning.....	60
4.2	Brukgrensetilstanden	61
4.2.1	Riss og rissvidder.....	62
4.2.2	Punktlaster	64
4.2.2.1	Maksimalspenninger.....	64
4.2.2.2	Momentverdier for punktlaster.....	65
4.2.3	Linjelast	71
4.2.4	Nedbøyning.....	73
4.3	Fiberbetong	73
4.3.1	Kapasitet for aksialkraft og moment.....	73
4.3.2	Skjærkapasitet for punktlaster	74
4.3.3	Rissvidder	75
4.3.4	Noen generelle kommentarer	75
4.4	Dybler.....	76
4.5	Bruddgrensetilstanden	78
4.5.1	Punktlaster	78
4.5.1.1	Momentkapasitet	78
4.5.1.2	Skjærkapasitet.....	80
4.5.2	Linjelast	80
5	KONSTRUKSJONSLØSNINGER	82
5.1	Innledning.....	82

5.2	Flytende gulv	82
5.2.1	Beskrivelse	82
5.2.1.1	Underlag	84
5.2.1.2	Glidesjikt	84
5.2.1.3	Betong og armering	84
5.2.2	Tykkelse fra 100 mm og oppover	84
5.2.3	Tykkelse fra 60 til 100 mm	84
5.2.4	Tykkelse ned til 30 mm	85
5.2.5	Innstøpte varme- og kjølerør	85
5.2.6	Fugeløsninger	85
5.2.6.1	Bevegelsesfuger	86
5.2.6.2	Fastholdingspunkter	88
5.2.6.3	Dybler	88
5.2.6.4	Lydfuger	88
5.2.7	Detaljer	88
5.3	Fastholdte gulv	89
5.4	Påstøp med heft	89
5.4.1	Forbehandling av underlaget	90
5.4.2	Heftbro	90
5.4.2.1	Epoxylim	90
5.4.2.2	Sementbasert heftbro	90
5.4.2.3	Kombinasjon av epoxylim og sementbasert heftbro	91
5.4.3	Støping	91
5.4.4	Herdetiltak	91
5.5	Påstøp på hulldekker	92
5.5.1	Flytende påstøp på hulldekker	92
5.5.2	Fastholdt påstøp på hulldekker	92
6	UTFØRELSE	93
6.1	Innledning	93

6.2	Planlegging av støpearbeidet.....	94
6.2.1	Betongtype	94
6.2.2	Valg av armeringstype.....	94
6.2.3	Støpemønster og etapper	95
6.2.4	Inntransport av betong	95
6.2.5	Kontroll av betongen på byggeplass.....	95
6.2.6	Metoder for å trekke av betongen	95
6.2.7	Værforhold og nedbør.....	95
6.3	Utførelse av gulvstøpen.....	96
6.3.1	Innledning.....	96
6.3.2	Støpeetapper og rekkefølge	96
6.3.3	Utlekking og komprimering	97
6.3.4	Utstøping av gulv som skal slipes.....	97
6.4	Sluttbehandling av overflaten	97
6.4.1	Innledning.....	97
6.4.2	Avtrekking	98
6.4.2.1	Avtrekking ved bruk av laser og flytavretter (dissestav)	98
6.4.2.2	Avtrekking med motorisert avretter	98
6.4.2.3	Avtrekking med laserstyrt maskin.....	99
6.4.3	Glattetidspunkt	100
6.4.4	Skuring	101
6.4.4.1	Skuring med håndbrett	102
6.4.4.2	Skuring med glattemaskiner	102
6.4.5	Stålglatting	103
6.4.5.1	Stålglatting for hånd.....	103
6.4.5.2	Maskinell stålglatting	103
6.5	Beskyttelse av nystøpte betonggulv - herdetiltak	104
6.5.1	Generelt	104
6.5.2	Typer herdetiltak.....	104

6.5.3	Minste periode med herdetiltak.....	104
6.5.4	Prosedyre for herdetiltak.....	105
6.5.4.1	Herdemembran.....	106
6.5.4.2	Vanning.....	106
6.5.4.3	Plastfolie	106
6.5.5	Beskyttelse av gulvet mot skader	106
7	OVERFLATER.....	107
7.1	Innledning.....	107
7.2	Overflatekrav	107
7.3	Skadetyper.....	108
7.3.1	Plastiske svinnriss.....	108
7.3.2	Plastiske setningsriss.....	109
7.3.3	Svinnriss.....	110
7.3.4	Bøyningsriss.....	110
7.3.5	Krakelering	111
7.3.6	Delaminering	111
7.3.7	Blemmer	113
7.3.8	Flassing.....	113
7.3.9	Støving	113
7.3.10	Oppsmuldring/forvitring.....	115
7.4	Overflater laget i fersk betong.....	115
7.4.1	Avtrukket overflate	116
7.4.2	Skurt overflate	117
7.4.3	Håndbrettskuring med mønster	118
7.4.4	Kostet overflate	119
7.4.5	Glattskurt overflate	120
7.4.6	Stålglatt overflate	121
7.4.7	Mønstret og farget betong.....	122
7.4.8	Frilegging av tilslag	123

7.5	Overflater laget på herdet betong	124
7.5.1	Slipt betong	124
7.5.2	Blastret overflate	125
7.6	Overflatebehandling av betonggulv utsatt for væskesøl	125
REFERANSER.....		129
REFERERTE STANDARDER.....		131
VEDLEGG A		132
	Prosedyre for bestemmelse av referansesvinn i herdet betong.....	132
VEDLEGG B		135
	Prosedyre for bestemmelse av betongens relative fuktighet ved selvuttørking ..	135

Figurer

Figur 3-1: Antakelser som legges til grunn ved fastsettelse av reststrekkfastheten til fiberbetongen.....	33
Figur 3-2: Sammenheng mellom kapasitetsfaktor og orienteringsfaktor.....	35
Figur 3-3: Totalt svinn som funksjon av sementtype og betongens effektive vanninnhold	46
Figur 3-4: Sammenheng mellom relativ fuktighet, relativt uttørkingssvinn og relative tøyninger i betongen avhengig av randbetingelsene for en plate.....	47
Figur 3-5: Beregning av kantroising og lengden som løfter seg for en gitt svinn-krumnings tilstand.....	48
Figur 3-6: Beregnet utvikling av kantroisingen med tiden for forskjellige platetykkelser	49
Figur 3-7: Lengden som løfter seg knyttet til kurvene i Figur 3-6.....	49
Figur 3-8: Spenningstilstand ved etablering av samvirke mellom påstøp og underbetong	50
Figur 3-9: Variasjon på forholdet mellom synk og utbredelse.....	57
Figur 4-1: Momentverdier for punktlast inne på gulvet /4/.....	66
Figur 4-2: Momentverdier for punktlast ved kanten /4/.....	67
Figur 4-3: Momentverdier for hjørnelast /4/	68
Figur 4-4: Tilnærmet momentvirkning i radiell retning fra samtidig virkende punktlaster inne på et gulv /6/.....	69
Figur 4-5: Tilnærmet spenningsintensitet i forhold til maksimalspenningen rett under lasten i tangentiell og radiell retning for punktlast inne på gulvet og i radiell retning langs kanten for punktlast ved kanten som funksjon av avstanden fra lasten /9/.....	69
Figur 4-6: Momentfordeling for en intern linjelast	71
Figur 4-7: Maks momenter for indre linjelast avhengig av a/l_e /4/	72
Figur 4-8: Maks momenter normalt på kanten for linjelast langs kanten /4/	72
Figur 4-9: Deformasjon og bruddlinjemønster for en punktlast inne på et gulv.....	79
Figur 4-10: Plastisk kapasitet for indre linjelast /4/	81
Figur 5-1: Eksempel på flytende gulv uten fastholdingspunkt, med ett fastholdingspunkt og to fastholdingspunkter	82
Figur 5-2: Flytende gulv på konstruktiv betong med glidesjikt.....	83

Figur 5-3: Flytende gulv på konstruktiv betong med isolasjon og glidesjikt.....	83
Figur 5-4: Flytende gulv på bærelag og sandavretting med glidesjikt.....	83
Figur 5-5: Flytende gulv på bærelag og sandavretting med isolasjon og glidesjikt.....	83
Figur 5-6: Flytende gulv med innstøpt rør	85
Figur 5-7: Bilde av fuge med dybler og med 2 stk. stålplater som forsterkning av fugekantene	86
Figur 5-8: Eksempler på fugeprofiler /6/.....	87
Figur 5-9: Sagd fuge uten gjennomgående armering med dybel	87
Figur 5-10 Eksempel på komplisert gulv med mange fastholdingspunkter.....	88
Figur 5-11: Eksempler på ekstra armering der det er størst risiko for oppsprekking.....	89
Figur 5-12: Liming av påstøp med epoxy i randsonen og sementbasert heftbro på de store arealene.....	91
Figur 6-1: Komprimering og avretting av bærelag	96
Figur 6-2: Bruk av flytavretter/dissestav	98
Figur 6-3: Bruk av motorisert avretter	99
Figur 6-4: Avtrekking med laserstyrt maskin	100
Figur 6-5: Avtrekking med balansert laserstyrt avtrekker på hjul	100
Figur 6-6: Fotavtrykk i betongen som indikerer at det er klart for skuring. I praksis bruker en erfaring og skjønn.....	101
Figur 6-7: Liten glattemaskin for skuring av mindre flater og kanter.....	102
Figur 6-8: Skuring med dobbelglatter	102
Figur 6-9: Glattemaskin med stålvinger som egner seg til stålglatting.....	103
Figur 6-10: Dobbeltglatter er et svært produktivt verktøy for å glatte større gulv.....	103
Figur 6-11: Tynn folie lagt over ferdig gulv umiddelbart etter glatting.....	106
Figur 7-1: Plastiske svinriss	108
Figur 7-2 Plastiske svinriss som er kommet til syne etter sliping.....	109
Figur 7-3 Eksempel på et grovt svinriss.....	110
Figur 7-4 Krakelering.....	111

Figur 7-5 Delaminering.....	112
Figur 7-6 Blemmer	113
Figur 7-7: Bildet til høyre viser støving i form av «matt» overflate på grunn av mangelfull sluttbehandling og herdetiltak	114
Figur 7-8: Støving i form av «sandaktig» sjikt på grunn av bruk av uegnet herdemembran. 114	
Figur 7-9: Eksempel på overflate skadet av frostsprengning.....	115
Figur 7-10: Avtrukket overflate	116
Figur 7-11: Skurt overflate.....	117
Figur 7-12: Eksempel på mønsterskurt betonggulv	118
Figur 7-13: Eksempler på kostet overflate	119
Figur 7-14: Glattskurt overflate.....	120
Figur 7-15: Stålglatting	121
Figur 7-16: Eksempler på mønstret betonggulv	122
Figur 7-17: Eksempel på frilagt betonggulv	123
Figur 7-18: Slipt og polert betongoverflate.....	124
Figur 7-19: Blastring av betongoverflate	125
Figur 7-20: Effekt av hydrofoberende impregnering på slipt betongoverflate ved søl med ulike materialer.....	126
Figur 7-21: Effekt av poreblokkerende behandling på slipt betongoverflate ved søl av ulike materialer.....	127
Figur 7-22: Effekten av klar impregnering av herdeplast på slipt betongoverflate ved søl med ulike materialer.....	127
Figur A-1: Lengdemålingsrigg med 500 mm referansestav.....	132
Figur B-1: Eksempel på utvikling av relativ fuktighet.....	137

Tabeller

Tabell 2-1: Gulvklasser ved prosjektering og utførelse av flytende gulv	18
Tabell 2-2: Pre-aksepterte bindemiddelløsninger som tilfredsstillt kravet til totalt svinn på maksimalt 0,55 % i Gulvklasse I og II og maksimalt 0,75 % i Gulvklasse III.....	19
Tabell 2-3: Beskyttelse med herdemembran umiddelbart etter avtrekk avhengig av betongens masseforhold og fordampingsforhold	20
Tabell 2-4: Anbefalt maksimalt tilsiktet konsistens for ulike bestandighetsklasser	22
Tabell 2-5: Typiske forhold mellom synk og utbredelse	22
Tabell 3-1: Typiske karakteristiske verdier for jevnt fordelt last og punktlaster for forskjellige typer virksomheter /1/	31
Tabell 3-2: Reststrekkfasthet for betong med stålfiber, for $\sigma_{f, mid} = 500$ MPa, avhengig av fibermengde.....	36
Tabell 3-3: Typiske verdier for grunnens stivhet, $k/5/$	38
Tabell 3-4: Typiske E-moduler for vanlige EPS- og XPS-plater (N/mm^2).....	39
Tabell 3-5: Gulvklasser ved prosjektering og utførelse av flytende gulv	54
Tabell 3-6: Typisk forhold mellom synk og utbredelse	56
Tabell 3-7: Anbefalt maksimalt tilsiktet konsistens for ulike bestandighetsklasser	57
Tabell 3-8: Pre-aksepterte bindemiddelløsninger som tilfredsstillt kravet til totalt svinn på maksimalt 0,55 % i Gulvklasse I og II og 0,75 % i Gulvklasse III	58
Tabell 4-1: Beregningsmessige strekkfastheter i topp og bunn av gulvet ved bøyingspåkjenning (for eksempel fra punktlaster).....	61
Tabell 4-2: Antatte friksjonskoeffisienter mellom betong og forskjellige underlag /5/.....	63
Tabell 4-3: Elastiske lengder (mm) for forskjellige gulvtykkelser og grunnstivheter basert på $E=30000$ N/mm^2 og $\nu = 0,2$ for betongen	68
Tabell 4-4: Utførelse av dybler slik det har vært praktisert i Norge	78
Tabell 6-1: Minste veiledende periode med herdetiltak for Gulvklasse I og II	104
Tabell 6-2: Minste veiledende periode med herdetiltak for Gulvklasse III	105
Tabell 6-3: Beskyttelse med herdemembran avhengig av betongens masseforhold og fordampingsforhold.....	105

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Kvaliteten på betonggulv er et hyppig diskusjonstema som følge av at spesifiserte krav og forventninger til gulvet ikke blir tilfredsstilt. Dette resulterer i kostbare utbedringer som kunne vært unngått dersom alle parter fra byggherre og rådgiver til entreprenør og betongleverandør hadde vært innforstått med hvilke forutsetninger som må ligge til grunn for å oppnå et godt resultat.

Mange skader oppstår på grunn av mangelfull prosjektering og dimensjonering. Publikasjonen inneholder derfor et nytt kapittel om dimensjonering, som beskriver hvilke prinsipper som kan benyttes og hvordan dimensjonering bør utføres. Valg av betong med egnede bruks- og langtidsegenskaper, i tillegg til riktig utførelse, er også forhold som svikter i mange tilfeller og som derfor vies stor oppmerksomhet.

Feil i byggeprosessen resulterer typisk i oppsprekking, avskalling/flassing, ujevnheter, manglende fall, overflate ikke som forventet. Senskader på gulv opptrer gjerne i form av oppsprekking, kantroising, stor slitasje, og tidvis knusing og avskalling. I tillegg løsnar belegg eller de tilfredsstillende funksjonsegenskapene som var forventet.

1.2 Oppbygging av publikasjonen

Kapittel 2 «Spesifikasjon og anbefalinger» gir kravene og anbefalingene i publikasjonen, mens kapittel 4 angir de dimensjoneringsprinsippene som bør benyttes. De andre kapitlene er utdypende/veiledende informasjon. I kapittel 2 er det henvisninger til andre kapitler slik at utdyping/veiledning rundt kravene og anbefalingene lett kan finnes. Veiledningskapitelene skal kunne leses uavhengig av kapittel 2. Det er derfor en del overlappende informasjon mellom kapittel 2 og de veiledende kapitlene.

Kapittel 3 «Prosjekteringsgrunnlag», beskriver hvilke konstruksjons- og funksjonskrav som er vanlig å stille til ulike gulv. Det diskuteres problemstillinger rundt fuger, sammenhengen mellom betongens svinn og ferske egenskaper og risiko for kantroising og heft til underlaget. Forhold rundt fukt og uttørking av betong blir også diskutert.

Kapittel 4 «Dimensjonering» beskriver hvilke prinsipper som bør benyttes og hvordan dimensjonering kan utføres. For en gitt lastvirkning, blir det også diskutert forskjellige løsninger; først og fremst slakkarmerte og fiberarmerte gulv.

Kapittel 5 «Konstruksjonsløsninger» beskriver løsninger for flytende gulv på grunn og påstøp, fastholdte gulv og påstøp med heft.

Kapittel 6 «Utførelse» omhandler selve støpearbeidet. Utførelsesmetoder for avtrukket, skurt, glattskurt, og stålglatt overflate blir belyst.

Kapittel 7 «Overflater» gir en oversikt over ulike typer overflater og hvordan de produseres; både ved bearbeiding av fersk eller herdet betong. I tillegg vises eksempler på de mest vanlige former for overflateskader og årsakene til at skade oppstår blir belyst.

I vedlegg A og B presenteres de to metodene «Prosedyre for bestemmelse av referansesvinn i herdet betong» og «Prosedyre for bestemmelse av betongens relative fuktighet ved selvuttørking».

1.3 Definisjoner

Autogent svinn / selvuttørkingssvinn

Svinn som skyldes indre uttørking av betongen fra hydratasjonsprosessen.

Bevegelsesfuge

Fellesbetegnelse på alle typer fuger (kontraksjonsfuger, dilatasjonsfuger, randfuger, seksjoneringsfuger og dags- eller støpeavsnittsfuger), hvor det vil bli bevegelser lokalt av samme årsak (svinn og temperatur).

Bøyningsriss

Riss forårsaket av moment. For kantreising i overkant og for punktlaster både i over- og underkant av gulvet.

Elastisk lengde, l_e

Fremkommer som et forhold mellom platens og grunnens stivhet og inngår i uttrykkene for spenninger og momentvirkning i platen fra punktlaster.

Glatting

Fellesbetegnelse på skuring, glattskuring og stålglatting.

Glattskurt overflate

Overflate som er skurt 2 eller flere ganger.

Gulv

Samlebetegnelse for gulv på grunn og påstøp.

Gulv på grunn

Gulv mot grunn uten underliggende konstruksjon. Gulvet kan utføres flytende eller fastholdt.

Gulvklasse

Gulv plasseres i Gulvklasse I til IV, avhengig av krav til maksimal rissvidde.

Hardbetong

Hardbetong er et begrep som leverandører benytter på produkter som er tiltenkt brukt som et toppsjikt på betonggulv.

Membranstrekk

Krefter i planet fra f.eks. fastholding ute ved kantene.

Minimumsarmering

Publikasjonen bruker definisjon av minimumsarmering i henhold til NS-EN 1992-1-1 punkt 9.2.1.1;

$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d$, men den effektive høyden d erstattes med hele tykkelsen til gulvet.

Momentkapasitet

Tverrsnittets kapasitet for moment som enten er relatert til en tillatt strekkfasthet for betongen før den risser eller en tillatt spenning i armeringen ganger avstanden til trykkresultanten.

Påstøp

Gulv på en underliggende konstruksjon. Gulvet kan utføres flytende, med heft eller fastholdt.

Referansesvinn

Referansesvinnet til en betong ($S_{vinn,REF}$) er totalt svinn etter 1 år dokumentert etter prosedyren i vedlegg A i denne publikasjonen.

Resttrekkfasthet

Resttrekkfasthet er strekkfasthet til fiberbetong etter at det er blitt riss. Dette er den jevnt fordelte spenningen pr. flateenhet fra kraften i fibre som krysser risset.

Rissanviser

Sagd fuge med gjennomgående armering, som har til hensikt å styre riss.

Sagd fuge

Sagd fuge uten gjennomgående armering, som har til hensikt å styre riss. Ofte utført med dybler for å hindre vertikalbevegelse mellom feltene.

s_d -verdi

s_d -verdi (ekvivalent luftlagstykkelse i meter) er en størrelse som angir hvor tykt et stillestående luftlag må være for å gi samme vanddampmotstand som materialsjiktet. Størrelsen kan beregnes ut fra vanddampmotstandsfaktor μ multiplisert med den aktuelle materialtykkelsen, d ($s_d = \mu \cdot d$), eller ut fra vanddampmotstanden, Z_p , multiplisert med vanddamppermeansen til luft.

Selvuttørkende betong

En betong defineres som selvuttørkende når relativ fuktighet ≤ 85 % etter 1 år og/eller ≤ 80 % etter 2 år, dokumentert etter prosedyren i vedlegg B i denne publikasjonen.

Sorpsjonsisotermer

Sammenheng mellom fuktinnhold og relativ fuktighet i betongen ved henholdsvis uttørking (desorpsjon) og oppfukning (adsorpsjon).

Stålglatt overflate

Overflate som er glattet med stålvinger på helikopter eller håndglattet med stålbrett.

Totalt svinn

Summen av autogent svinn/selvuttørkingssvinn og uttørkingssvinn.

Uttørkingssvinn

Svinn som skyldes uttørking til omgivelsene.

2 Spesifikasjon og anbefalinger

Gulv, som i denne publikasjonen omfatter gulv på grunn og påstøp, utføres som:

- Flytende gulv eller
- Fastholdt gulv, enten med heft til underlaget eller fastholdt av andre konstruksjonsdeler. Med «heft til underlaget» menes det bruk av epoxy- og/eller sementbasert heftbro

For gulv på grunn er et tilstrekkelig tykt, godt komprimert og nøyaktig avrettet bærelag viktig. Gulv der det stilles krav til begrensning av rissvidder i overflaten og toleransekrav til ferdig overflate, skal underlaget/bærelaget ha en høydetoleranse på +/- 20 mm og en jevnhet målt med 3 meter lang rettholt på +/- 10 mm (se kapittel 3.2.1 og 5.2.1.1).

Svinn i betongen, spesielt uttørkingssvinn, og punktlaster, er som oftest hovedårsaken til at det oppstår overflateskader, som for eksempel kantroising og riss i gulv. For å redusere faren for skader er det viktig med riktig:

- Prosjektering og dimensjonering i henhold til gulvets belastning
- Betongsammensetning med hensyn til totalt svinn og ferske egenskaper
- Armeringsmengde og -plassering
- Gulvtykkelse
- Utførelse, spesielt med tanke på herdetiltak

2.1 Gulvklasser

Gulv der det stilles krav til begrensning av rissvidder i overflaten prosjekteres og utføres i Gulvklasse I, II eller III i henhold til Tabell 2-1. Rissviddene i tabellen er beregningsmessige rissvidder etter uttrykket i kapittel 4.2.1 som er basert på forholdene ved armeringen. Rissvidden på overflaten vil kunne avvike noe fra den beregningsmessige verdien, men det er forventet at de fleste rissvidder på overflaten av gulvet vil være mindre enn den beregnede rissvidden etter denne modellen.

Kravene i tabellen forutsetter generelt:

- Flytende gulv (gulv på grunn og påstøp)
- Friksjonskoeffisient (μ) mellom betong og underlag på 0,5 for Gulvklasse I og II (det vil si på 2 lag PE-plast), og 1 lag PE-plast for Gulvklasse III (se Tabell 4-2)

Gulvklasse I er ment for gulv med spesielt strenge krav til rissvidder og estetikk. Slipte gulv bør utføres i Gulvklasse I, men kan også utføres i Gulvklasse II sammen med egnet overflatebehandling. Industriegulv bør normalt utføres i Gulvklasse II. Gulvklasse III er for mer vanlige gulv.

I Gulvklasse IV er det ikke noe annet krav enn at det skal være et betongunderlag på minimum 100 mm, der antall riss og rissvidder ikke betyr noe.

Tabell 2-1: Gulvklasser ved prosjektering og utførelse av flytende gulv

Gulvklasse	I	II	III	IV ¹⁾
Rissvidde (mm)	≤ 0,3 ²⁾	≤ 0,5	≤ 1,0	-
Svinn _{REF} (‰)	≤ 0,55	≤ 0,55	≤ 0,75	-
Armeringsmengde ³⁾	3x $A_{s,min}$	2x $A_{s,min}$	1x $A_{s,min}$	-
Minimumtykkelser (mm) for enkelt/dobbeltarmert gulv	100 /150	100,120 ⁴⁾ /150	100 /150	100
Bestandighetsklasse	M40/MF40	M40/MF40-M60	M40/MF40-M60	-
Herdeklasse	4	4	3	-

- 1) Kun krav til minimumstykkelse på 100 mm
- 2) Estetisk krav, tilfredsstillende normalt også bestandighetskrav i henhold til NS-EN 1992-1-1
- 3) Armering i overkant. Ved punktlaster vil det i tillegg være behov for armering i underkant
- 4) 120 mm gjelder M45/MF45 og M60 betong

Dersom gulvet er fastholdt gjelder kravet til armering for Gulvklasse I og II i Tabell 2-1 både for over- og underkant av gulvet (total armeringsmengde blir da $6x A_{s,min}$ og $4x A_{s,min}$ for de to klassene). $6x A_{s,min}$ er ikke praktisk oppnåelig ved bruk av standardiserte prefabrikkerte nett. For et 100 mm gulv i B35 M40 kvalitet må det legges $\varnothing 12$ c/c 110 mm (begge veier) for å tilfredsstille dette kravet. Dette tilsvarer en armeringsmengde på 160 kg/m^3 .

2.1.1 Krav til beregningsmessig rissvidde i Gulvklasse I

Kravet til maksimal beregningsmessig rissvidde i Gulvklasse I er 0,3 mm. Det er imidlertid mulig å lage flytende gulv uten synlige riss dersom det brukes:

- Gulvklasse I og selvuttørkende betong og der uttørking i betongoverflaten hindres ved å legge herdeplastbelegg med s_d -verdi $\geq 5\text{m}$ umiddelbart etter at herdetiltakene er avsluttet eller
- Gulvklasse I og legges $6x A_{s,min}$ som topparmering. Armeringen vil da være i stand til å fordele rissene med så små rissvidder at de er vanskelig å se

Etteroppspente gulv vil også være en aktuell metode for gulv uten synlige riss.

2.1.2 Krav til maksimalt totalt svinn

I Gulvklasse I og II er det krav til et maksimalt totalt svinn målt etter 1 år ($S_{vinn,REF}$), som er summen av autogent svinn og uttørkingssvinn, på maksimalt $0,55 \text{ ‰}$, noe som en typisk vil kunne oppnå med en M40/MF40-betong, eller en M45/MF45 og M60-betong med svinnreducerende tilsetningsstoff (SRA). M60-betong uten SRA vil typisk tilfredsstille kravet på $0,75 \text{ ‰}$ for Gulvklasse III.

En betongsammensetnings totale svinn kan dokumenteres i henhold til prosedyre i vedlegg A.

Dersom dokumentasjon i henhold til vedlegg A ikke foreligger kan pre-aksepterte løsninger i henhold til Tabell 2-2 benyttes.

De sementtypene i det norske markedet som ikke er plassert i en sementgruppe i tabellen mangler tilstrekkelig dokumentasjon. Ved bruk av disse sementtypene i gulv som skal tilfredsstillere kravene i Gulvklasse I, II og III må totalt svinn dokumenteres i henhold til prosedyren i vedlegg A.

Tabell 2-2: Pre-aksepterte bindemiddelløsninger som tilfredsstillere kravet til totalt svinn på maksimalt 0,55 % i Gulvklasse I og II og maksimalt 0,75 % i Gulvklasse III

Sement-Gruppe	Sementtyper	Gulvklasse I og II		Gulvklasse III
		Ordinær betong	Min. 1,5 % SRA	Ordinær betong
		Maksimal effektiv vannmengde (l/m ³)		
I	Norcem ANL-FA Aalborg Hvit	180	190	209
II	Norcem STD-FA Cemex Miljø	160	175	202
III	Norcem IND	140 ¹⁾	158	193

1) Lavere effektiv vannmengde enn det som er praktisk mulig

Tabellen gjelder også for sementtypene i kombinasjon med tilsetningsmaterialer type II og mengder i henhold til NS-EN 206+NA.

SRA er pr. i dag ikke definert som egen klasse med funksjonskrav i tilsetningsstoffstandarden NS-EN 934-2. Ulike SRA-produkter vil derfor kunne ha ulik svinnreducerende effekt. Effekten av 1,5 % SRA i de pre-aksepterte løsningene tar høyde for det. Høyere svinnreducerende effekt for spesifikke SRA-produkter kan dokumenteres i henhold til vedlegg A.

2.1.3 Krav til armering

Med $A_{s,min}$ menes $A_{s,min}$ i henhold til NS-EN 1992-1-1 punkt 9.2.1.1, hvor den effektive høyden d erstattes med hele tykkelsen til gulvet.

Overkantarmring bør legges høyest mulig i gulvet for å få best rissfordelende effekt. Overdekningen skal være minst lik stangdiameteren, og ikke mindre enn 10 mm for å sikre kraftoverførende egenskaper, men miljøhensyn tilsier som regel større overdekning.

Gulv med punktlaster skal dimensjoneres. Behovet for armering vurderes ut fra opptredende spenning i urisset tilstand i henhold til kapittel 4.2.2.

Gulv i Gulvklasse I kan ikke utføres med fiberarmring alene, men krever enten bruk av kamstenger alene, eller en kombinasjon av kamstenger og fiber.

Større gulv i Gulvklasse II bør også armeres med stenger evt. i kombinasjon med fiber, mens mindre gulv i denne klassen kan armeres med kun fiber. Det forutsettes imidlertid da at den valgte fibermengden er høy nok til å kontrollere rissvidden når gulvet risser for moment, samtidig som den også skal kunne trekke gulvet mot midten. Tilstrekkelig fibermengde kan bestemmes etter reglene

gitt i kapittel 4.3. For gulv som kun er fiberarmert, er det vanskelig å få til en fordelt opprissing av gulvet uten at rissdannelsen i det vesentligste er styrt av egenspenninger fra svinn og momentvirkning fra kanteising.

I Gulvklasse III kan også større gulv kun fiberarmes, forutsatt fibermengder som tilfredstiller kriteriene i Gulvklasse II som kun fiberarmes.

For flytende gulv skal det legges inn tilleggsarmering ved diskontinuiteter i geometri og ved utsparinger (rundt søyler, sluker, hjørner etc.), for eksempel 2-4 stk. Ø12-16 c/c 100 mm, avhengig av krav til rissvidde. Se fugedetaljer i kapittel 5.2.6.

2.1.4 Krav til minimumtykkelse

Generelt bestemmes gulvtykkelsen av dimensjoneringsprinsippene i kapittel 4.

Minimumstykkelse for dobbeltarmerte gulv skal ikke være tynnere enn 150 mm, og også da kreves det normalt spesielle tiltak for å få plass til armeringen.

For enkeltarmerte tverrsnitt er minstetykkelse på 100 mm for alle klassene. I Gulvklasse II er den 120 mm for gulv i M45/MF45 og M60 betong på grunn av størrelsen på uttørkingssvinn og faren for kanteising.

For tynnere gulv er det gitt forslag til utførelse i kapittel 5.2.3 og 5.2.4.

2.1.5 Krav til bestandighetsklasse

Normalt relateres krav til bestandighetsklasse til prosjektert eksponeringsklasse. For Gulvklasse I er kravet til bestandighetsklasse M40/MF40 styrt av ønske om spesielt lavt uttørkingssvinn for å begrense kanteising mest mulig.

2.1.6 Krav til herdetiltak

I Gulvklasse I og II forutsettes det Herdeklasse 4, i Gulvklasse III forutsettes det Herdeklasse 3. Herdeklassene er angitt i NS-EN 13670. I kapittel 6.5.3 vises veiledende minste periode med herdetiltak for de to herdeklassene og for ulike betongtyper og betongoverflatetemperaturer.

Tildekking med plast umiddelbart etter avtrekk er den mest effektive beskyttelsen mot fordampning fra den ferske betongoverflaten, men dette er ofte vanskelig å få til i praksis. I normalsituasjonen anbefales derfor bruk av egnet herdemembran, avhengig av betongens masseforhold og fordampingsforhold som vist i Tabell 2-3.

Tabell 2-3: Beskyttelse med herdemembran umiddelbart etter avtrekk avhengig av betongens masseforhold og fordampingsforhold

Masseforhold	Fordampingsforhold
≤ 0,50	Alltid
> 0,50	Ved ugunstige forhold: sol, vind, lav RF, høy fersk betongtemperatur

Det vil kunne være kombinasjon av krav til betongoverflate, betongkvalitet og fordampingsforhold som gir så stor sannsynlighet for utilsiktet overflatekvalitet at støpen bør utsettes. Produksjonsleder for utførelsen er ansvarlig for å gjøre denne vurderingen.

Følgende herdetiltaksprosedyre forutsettes når tildekking med plast umiddelbart etter avtrekk ikke lar seg gjøre:

- Herdemembran umiddelbart etter avtrekk i henhold til Tabell 2-3.
- Tildekking med plast umiddelbart etter avsluttet overflatebearbeiding (og eventuelt vann etter at betongoverflaten har fått minimum 1 døgnns modenhet), og i perioden herdeklassen tilsier.

2.2 Fremgangsmåte ved dimensjonering

Under vises punktvis anbefalt fremgangsmåte ved dimensjonering av gulv:

- Last og funksjonskrav avklares med byggherre
- Valg av gulvklasse i henhold til Tabell 2-1
- Vurdering av behovet for fuger
 - Det anbefales generelt minst mulig fuger
- Bestemme gulvtykkelse i henhold til kapittel 4.2
 - For punktlaster ut fra tillatte spenninger i over- og underkant av gulvet i henhold til Tabell 4-1
 - For andre typer gulv hovedsakelig ut fra svinn- og rissviddekrav og fare for kantreising
- Vurdering av gulvets mulighet til å trekke seg mot midten med tanke på fastholdingspunkter og friksjon mot underlaget
- Valg av armeringsform, vanligvis slakkarmert eller fiber eller en kombinasjon av disse
- Bestemme armeringsmengde i henhold til kapittel 3.6
- Kontroll av skjærkapasitet for store punktlaster i bruddgrensetilstand i henhold til NS-EN 1992-1-1 og kapittel 4.5
- Reststrekkfastheten til fiberbetongen må være kjent for å kunne bestemme fibermengden. Reststrekkfastheten bestemmes ved prøving i henhold til NS-EN 14651 og avhenger først og fremst av fibertype, fibermengde og betongens trykkfasthet. Det kan interpoleres lineært mellom prøvde verdier.
- Utarbeide produksjonsunderlag (plan og snitt-tegninger) som viser fugeløsningene og mengde og plassering av armeringen

2.3 Fukt og selvuttørkende betong

Det må være kontroll på fukten i betongen når det skal limes belegg på overflaten. Det generelle kravet i NS 3511 før legging av åpne belegg og flytende akryl, epoxy og polyuretanbelegg er 90 %, og 85 % for tette belegg. Før legging av belegg måles RF i gulvet i henhold til NS 3511.

Alternativt kan selvuttørkende betong benyttes. Publikasjonen definerer selvuttørkende betong ved måling av relativ fuktighet $\leq 85\%$ etter 1 år og/eller $\leq 80\%$ etter 2 år i henhold til prosedyren i vedlegg B. Ved bruk av selvuttørkende betong kan det legges belegg dagen etter utstøping, forutsatt at betongoverflaten er tørr (lys grå) og at lim og belegg tåler det høye RF-nivået i en viss periode.

2.4 Egenskaper til fersk betong

For å redusere faren for at svinnet blir høyere i toppen av gulvet enn i resten av tverrsnittet bør betongen være mest mulig homogen gjennom tverrsnittet. Det anbefales derfor for Gulvklasse I, II og III maksimalt tilsiktet konsistens i henhold til Tabell 2-4, for vibrerbar betong som er proporsjonert med naturlig gradert 0/8 sand.

Tabell 2-4: Anbefalt maksimalt tilsiktet konsistens for ulike bestandighetsklasser

Konsistenstype	M60	M45/MF45	M40/MF40
Synk, vibrerbar betong (mm)	210	220	220

Betong med ulike delmaterialer og proporsjonering kan ha ulik støpelighet selv om synkmålet er likt. Det bør derfor også måles utbredelse av betongkaken når det måles synk. Typisk forhold mellom synk og utbredelse vises i Tabell 2-5. For gulvbetong kan det være ønskelig med høyere utbredelse for en gitt synk. Om det er mulig å oppnå dette vil være avhengig av delmaterialer og betong-sammensetning.

Tabell 2-5: Typiske forhold mellom synk og utbredelse

Synk (mm)	180	190	200	210	220
Utbredelse (mm)	300	320	340	370	410

Gulvbetong som skal stålglatte bør ikke tilsettes luftinnførende stoff slik at betongens luftinnhold overstiger 3,0 % på grunn av fare for delaminering (se kapittel 7.3.6). Det frarådes derfor at betong i bestandighetsklassene MF45 og MF40 stålglatte.

2.5 Konstruksjonsløsninger

2.5.1 Flytende gulv

Flytende gulv skal ha lav nok friksjon mot underlaget og frigjøres fra alle fastholdingspunkter. Krav til oppbygging av underlaget (planhet og stivhet, og tykkelse og stivhet/fasthet på eventuell isolasjon) er svært viktig og må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Underlaget må prosjekteres ut fra de laster som er oppgitt. Se kapittel 3.2.1.

2.5.1.1 *Oppdeling av felt*

Oppdeling av felt med fuger gjøres primært for å unngå riss. Størrelsene på feltene bestemmes først og fremst av betongsammensetning og krav til fugeåpning. Det er fullt mulig å støpe felter over 2000 m² uten fuger. Gulv som utsettes for punktlaster blir svekket av fuger, siden det da blir flere hjørne- og kantområder som har betydelig lavere kapasitet enn resten av gulvet. Tynne gulv bør i størst mulig grad utføres uten fuger siden de får mer kantroising og knekkes lett ned ved fuger.

I noen tilfeller er det nødvendig å lage mindre felt på grunn av krav til bevegelser i fugene. Dette gjelder spesielt for gulv som det skal limes flis eller stein på, hvis det er krav til bevegelse i fugene, og utendørs der det i tillegg til svinn må tas hensyn til temperaturbevegelser.

2.5.1.2 *Fugeløsninger*

Oppdeling av felt med rissanvisere, dvs. skjært spor med noe gjennomgående armering, anbefales generelt ikke fordi det ofte kommer riss utenom rissanviserne. Se vurderinger i kapittel 3.3.

Oppdeling anbefales med sagd fuge, dvs. skjært spor uten gjennomgående armering. Dybler kan brukes for å hindre vertikalbevegelse mellom feltene.

Støpeskjøter og sagde fuger bør dele gulvet inn i så kvadratiske felter som mulig. Lengden bør generelt ikke overstige 2 ganger bredden.

Plassering av fuger skal prosjekteres ut fra:

- Type gulv, belastninger og arkitektur
- Betongens egenskaper, spesielt med tanke på svinn
- Planlagte dagsetapper
- Temperaturbevegelser

Bevegelsen til gulvet på grunn av svinn skal vurderes av den prosjekterende. Gulvet skal skilles fra utsparinger som søyler, fundamenter, sluk, renner etc. med fuger for å tillate bevegelser horisontalt og/eller vertikalt. Utsparinger kan alternativt defineres som «nullpunkt» og alle bevegelser i gulvet må forholde seg til dette. Det bør benyttes minimum 20 mm skumplast (Ethafoam) rundt alle utsparinger. Skumplasten skal dekke hele tykkelsen av gulvet, og det bør tapes eller bindes fast før støping starter for at posisjonen skal være sikret.

Gulvet skilles fra vegg som gulvet beveger seg fra med plastfolie. Hvis det er veggflater gulvet beveger seg mot, innvendige hjørner, eller det forventes ekspansjon (på grunn av temperaturbevegelser), bør det benyttes minimum 20 mm skumplast.

2.5.1.3 *Dybler*

Dyblene skal være påført hefthindrende middel på halve lengden av dybelen og skal monteres vinkelrett på fugen, for at fri bevegelse skal sikres, både horisontalt og vertikalt. Der det kan forekomme horisontale forskyvninger parallelt med fugen mellom betongplater, benyttes det dybler med spesielle hylser som gir mulighet for horisontale bevegelser. Slike dybler skal være rektangulære med tilsvarende tverrsnittsareal som for runde dybler. Forslag til prosjektering av dybler er angitt i kapittel 4.4.

2.5.1.4 Fugeprofil

Hvis gulvet skal slipes er det viktig å velge fugeprofiler i støpeskjøtene som kan slipes, som for eksempel aluminium. Det er viktig å undersøke og sikre heften mellom betong og materialet i fugeprofilen. Aluminium må være belagt med et tett belegg, for eksempel epoxy, for å unngå gassutvikling og dermed redusert/ødelagt heft.

2.5.1.5 Varme- og kjølerør

Gulv med varme- og kjølerør må prosjekteres slik at rørene krysser fuger i minst mulig grad. Der rørene krysser en fuge, må det sikres at rørene kan ta opp den forventede deformasjonen som kan skje i fugen. Bruk av skinner som festeordninger for rørene kan føre til uønskede riss og bør derfor unngås i gulv med strenge risskrav.

For tykkelser mellom 100 og 150 mm skal varmerørene legges midt i tverrsnittet. Ved tykkere gulv kan varmerørene legges høyere. Generelt skal rørene legges under topparmeringen for å hindre at rørene flyter opp.

Normalt legges kjølerør høyt i tverrsnittet. Ved store temperaturskjeller, for eksempel i ishaller, skal gulvene prosjekteres særskilt. Monteringsystemet for kjølerørene må derfor vurderes nøye i forhold til de krav som stilles til gulvet.

2.5.1.6 Påstøp under anbefalt minimumstykkelse

Der det stilles krav til maksimale beregningsmessige rissvidder gir denne publikasjonen regler med minimumstykkelse som gitt i Tabell 2-1. Det prosjekteres imidlertid bygg som ikke er dimensjonert for vekten av disse minimumstykkelsene. Dette medfører at det velges en påstøp med mindre tykkelse (100-60 mm). I disse tilfellene bør følgende metode benyttes for å redusere risikoen for skader på grunn av kantroising:

- Bruk av betongkvalitet og armeringsmengder som angitt for Gulvklasse I
- Bruk av selvuttørkende betong
- Legge herdeplastbelegg med s_d -verdi ≥ 5 m umiddelbart etter at herdetiltakene er avsluttet for å hindre for rask uttørring i betongoverflaten

2.5.2 Fastholdte gulv

I fastholdte gulv må det forventes riss. Rissvidder bestemmes av betongsammensetning, armeringsmengde og armeringsføring. Fastholdte gulv kan utføres med armering av kamstål eller fiber. For at gulv armert med fiber skal ha kontrollerte rissvidder, må fibermengden prosjekteres som beskrevet i kapittel 3.1.5.2 og 4.3. Dette gir ofte stålfibermengder på 60-80 kg/m³. Slike fibermengder kan gi utfordringer med tanke på støpelighet og pumpbarhet.

2.5.3 Påstøp med heft

Minimumstykkelse for påstøp som limes fast til underlaget med epoxy og/eller sementbasert heftbro, blir i praksis bestemt av tilslaget D_{maks} . Det anbefales å velge $D_{maks} < 1/3$ av tykkelsen på påstøpen. Det vil si at en 30 mm påstøp bør ha $D_{maks} < 10$ mm.

Armering i påstøper vil begrense hvor mye påstøpen løsner fra underlaget til side for et riss. Det er imidlertid vanskelig å regne direkte på denne effekten fordi påstøpen må gli eller løsne for at det skal

bli en rissvidde og spenninger i armeringen. Påstøper som er tykkere enn 50 mm bør likevel armeres. En fornuftig armering i slike påstøper kan være $2x A_{s,min}$ (nett eller eventuelt kamstenger).

Stålfiber er bedre egnet enn vanlig armering til å kontrollere riss i påstøper med heft fordi den kan antas å flyte i risset allerede ved en rissvidde på ca. 0,2 mm. Dette gjelder spesielt for tynne påstøper (opptil 50 mm). Det bør i dette tilfellet være så mye fiber i betongen at den har en midlere resttrekkfasthet på minst 1,0 MPa. Se kapittel 3.1.5.2.

Påstøp med heft skal generelt ikke ha fuger da det øker risikoen for bom.

2.5.3.1 Forbehandling av underlaget

For å sikre god nok heft og dermed unngå kantroising og bom, er det viktig å fjerne den tette sement huden, samt fjerne støv, løse partikler og fett/olje. De vanligste metodene er sliping, fresing og blastring. For enkelte betongdekker med lav fasthet, kan heftegenskapene være så dårlige at påstøp med heft er en uaktuell metode, uansett hvilke forbehandlingsmetoder en benytter.

2.5.3.2 Heftbro

Ved riktig utført forbehandling og liming med epoxy vil limfugen være kraftoverførende. Dvs. at heften er større enn betongens strekkfasthet og at heftprøver gir brudd i betong og ikke i limet. Underlaget må være tørt og ha en temperatur over + 10°C. En usikkerhet med å lime hele påstøpen med epoxy, er at muligheten for fukttransporten i konstruksjonen endres da epoxy limet vil gi en tett "membran". Dette kan imidlertid være en fordel dersom en har oppstigende fukt mot et diffusjonstett belegg. Heften bør dokumenteres i hvert tilfelle.

Sementbasert heftbro vil gi en heft rundt 1 MPa. Den bør bestå av latex og vann i forholdet 1:2, som tilsettes sement og finsand i forholdet 1:1. Sementbasert heftbro legges ut på forvannet betong, som er lett sugende uten overflatevann, og koster godt inn i underlaget. Siden betongen må støpes "vått i vått" i den sementbaserte heftbroen, egner metoden seg best til uarmerte og fiberarmerte påstøper.

Kombinasjon av epoxylim i randsonen og ved støpeskjøter og sementbasert heftbro for øvrig, er en metode som kan hindre kantroising. Randsonen med epoxylim bør være 0,5 m. Metoden egner seg best til uarmerte og fiberarmerte påstøper.

2.5.3.3 Støping

Betongen støpes "vått i vått" med heftbroen for å sikre god heft. Heftbroen skal ikke legges ut på et større areal enn at en rekker å legge ut betong før den herder/tørker. Dersom betongen påføres for sent vil heftbroen tilnærmet virke som slippmiddel.

2.5.3.4 Herdetiltak

For å begrense risikoen for kantroising og bom, er riktige herdetiltak avgjørende, se kapittel 2.1.6. Påstøpene er tynne, det er lite vann pr. m² betongoverflate og konsekvensen av vann som fordampes i tidlig fase er stor.

2.5.4 Påstøp på hulldekker

Hulldekker produseres og monteres med overhøyde og det vil derfor alltid være en form for påstøp på hulldekkene for å gi en ferdig plan overflate, eller som underlag for belegg, flis, parkett etc. Påstøpen kan utføres både flytende og fastholdt.

2.5.4.1 Flytende påstøp

For flytende påstøp gjelder de samme retningslinjene som for andre typer påstøper i denne publikasjonen, se kapittel 3.6.

2.5.4.2 Fastholdt påstøp for avretting

En fastholdt påstøp, der funksjonen kun er avretting og /eller underlag, kan støpes direkte på hulldekkene bare limt med epoxy i randsonen for å hindre kantroising. Bredden til denne limflaten bør være 0,5 m. Påstøpen bør ha en tykkelse på minimum 60 mm og største tykkelse er ofte 100 mm. Betongsammensetning og armeringsmengder bør være i henhold til Gulvklasse I eller II i Tabell 3-5. Armeringen kan monteres rett på hulldekkene, men skal ha en minimumsavstand til elementene på minst stangdiameteren, og ikke mindre enn 10 mm, for å sikre kraftoverførende egenskaper.

En slik påstøp er vanligvis et godt nok underlag for fleksible herdeplastbelegg og parkett som skal limes. Det må imidlertid forventes en del riss i slike påstøper. Dersom det limes flis på slike påstøper, kan riss som kommer etter at flisen er limt gå gjennom flisbelegget.

I tillegg til å være avrettende kan en fastholdt påstøp også være konstruktiv ved at den bidrar til skivevirkningen til hulldekkene eller ved at den danner kontinuitet og forsterker elementene over oppleggene/bjellkene.

2.5.4.3 Fastholdt påstøp med skivevirkning

En påstøp som skal gi skivevirkning må i tillegg til å være armert med $2x A_{s,min}$, også forankres til veggene med armering. En er i dette tilfellet ikke avhengig av at påstøpen har god heft til hulldekkene så den kan støpes mot elementene uten heftforbedrende tiltak.

2.5.4.4 Påstøp med heft med kapasitetsøkende effekt

En påstøp som skal øke kapasiteten til hulldekkene må sitte fast til elementene og dermed utføres med heft. Heften sikres best ved liming med epoxy. Det er tilstrekkelig å lime bare der hvor det er behov for samvirke, som stort sett er over oppleggene/bjellkene.

2.6 Overflater

Betongoverflater kan utføres i et stort spekter av ytelser, uttrykk, farger og nyanser. Sluttresultatet påvirkes både av betongens egenskaper og ytre forhold, og det kan derfor være vanskelig å kopiere utseendet fra et gulv til et annet. Ved prosjekter der det stilles helt spesielle krav til det visuelle uttrykket, anbefales det en detaljert beskrivelse med materialønsker, metoder, krav til samarbeid mellom aktørene, og fullskala prøvestøp.

Ønsker en farger, håndteres dette i produksjonen av betongen, ved tilsetting av farge og valg av riktige delmaterialer. I betong uten tilsatt pigment er det først og fremst bindemiddeltype og finstoffet fra tilslaget som er avgjørende for fargen der overflaten er bearbeidet i fersk betong. Der bearbeidingen er gjort i herdet betong, som for eksempel slipte overflater, må også alt tilslag vurderes nøye.

2.6.1 Krav til overflater

Eksempler på krav til overflater:

- Estetikk
- Riss og rissvidder
- Væsketetthet i forhold til søl
- Slitestyrke
- Styrke for overføring av punktlaster
- Støvfrihet
- Sklisikkerhet
- Kjemikaliemotstand
- Planhet

2.6.2 Bearbeiding av fersk betong

Metoder for bearbeiding av betongen etter at den er lagt ut er:

- Avtrukket
- Skurt
- Håndskurt med mønster
- Kostet
- Glattskurt
- Stålglattet
- Mønstreet

Kvaliteten på utførelsen vil være avgjørende for et vellykket resultat, se eksempler på skadetyper og årsaksforhold i kapittel 7.3. Beskrivelse og utførelse av metodene vises i kapittel 7.4.

2.6.3 Bearbeiding av herdet betong

Metoder for bearbeiding av betong som har herdet og oppnådd fasthet er:

- Sliping
- Sliping og polering
- Blastring

Beskrivelse og utførelse av metodene vises i kapittel 7.5.

2.6.4 Overflate med spesielt god motstandsevne mot flekker på grunn av væskesøl

Betonggulv med strenge krav til estetikk er som regel i publikumsområder som utsettes for væskesøl. Ubehandlet betong er et hydrofilt materiale, og suger derfor til seg væske som fører til flekker. Det finnes ulike metoder for beskyttelse mot flekker, men den anbefalte metoden er impregnering med herdeplast, se kapittel 7.6.

Det bør gjennomføres prøvefelter av sliping og overflatebehandling for å sikre at ønsket ytelse, uttrykk og glans/matthet oppnås.

2.6.5 Overflate med spesielt god slitesjemetstand

Betonggulv har vanligvis god slitestyrke, men slitasje kan likevel være bestemmende for gulvets levetid. Slitestyrken vil da være bestemt av egenskapene til betongen i overflatesjiktet.

Betong med høy fasthet, uten separasjon, gode herdebetingelser, og overflatens planhet, er de viktigste faktorene for å oppnå god slitestyrke.

Tidligere har det vært vanlig å beskrive et sjikt av såkalt "hardbetong" (tørt pulver med spesialtilslag < 4 mm) i toppen av gulvbetongen, eller å legge ut et separat hardbetongsjikt på 10-15 mm oppå gulvbetongen. Dette er metoder som i dag ikke anbefales, se kapittel 3.2.4.

Den anbefalte løsningen er å benytte en M40 betong (som typisk gir 70-100 MPa etter 1 år), og med glattskurt- eller slipt overflate.

3 Prosjekteringsgrunnlag

I henhold til § 6-1 i Teknisk forskrift til plan og bygningsloven kan både kravene i Teknisk forskrift og reglene i Plan- og bygningsloven anses oppfylt dersom norske standarder benyttes. For gulv gjelder da spesielt NS-EN 1992-1-1, NS-EN 13670+NA og NS-EN 206+NA.

3.1 Konstruktive krav

3.1.1 Kontrollklasser

NS-EN 1990 definerer fire pålitelighetsklasser for konstruksjoner avhengig av bruddkonsekvens. Hver klasse er relatert til pålitelighetsindekser som uttrykker bruddsannsynlighet. Ulike konstruksjonsdeler kan plasseres i ulike klasser, og gulv på grunn vil normalt bli plassert i laveste klasse.

Det kan være aktuelt å plassere gulv i høyere klasser der hvor det f.eks. skal benyttes høye reoler og høytløftende utstyr.

Omfanget av de ulike prosjekterings- og utførelseskontrollene er beskrevet i NS-EN 1990 NA.A1.3.1 (903) og (904) og i tabell NA.A1 (903). Det henvises også til NS-EN 13670+NA, punkt 4.3 og tillegg B, for nærmere presisering av utførelseskontrollene.

Den prosjekterende er ansvarlig for å definere om gulvet er en hoved- eller sekundærkonstruksjon.

3.1.2 Eksponeringsklasser

Eksponeringsklasser velges i henhold til NS-EN 206+NA tabell NA.1 eller NS-EN 1992-1-1 tabell 4.1 og NA.4.1. Dette bestemmer videre minste krav til bestandighetsklasse for betongen i henhold til NS-EN 206+NA tabell NA.15, og minste krav til overdekning for armering avhengig av antatt brukstid (50 eller 100 år) i henhold til NS-EN 1992-1-1 tabellene NA.4.4N og NA.4.5N.

3.1.3 Rissvidder

NS-EN 1992-1-1 gir grenseverdier for tillatte rissvidder avhengig av eksponeringsklasse. Dette er i utgangspunktet krav som skal ivareta bestandigheten til armeringen og som derfor primært er rettet mot bærende konstruksjoner.

Gulv har som oftest for lite armering til at det kan regnes på rissvidder, spesielt med hensyn på membranstrekk. Spenningen i armeringen etter at det er blitt riss vil også ofte være påvirket av flere forhold enn de standarden forutsetter for slike beregninger. Det er derfor bare i spesielle tilfeller, som f. eks. for gulv i svært aggressivt miljø, at det er naturlig å forholde seg til disse kravene ut fra bestandighetshensyn.

Rissvidder i gulv vurderes vanligvis ut fra estetiske og funksjonsmessige kriterier. For gulv uten store punktlaster, er armeringen først og fremst viktig de første årene mens gulvet "går seg til". Om tverrsnittet senere reduseres noe, eller det ruster av noen stenger i riss, trenger ikke det å bety så mye. Det er viktigere at overdekningen er tilstrekkelig så det ikke blir avskallinger i overflaten.

Ved beregning av rissvidder i gulv på grunn med mye armering, kan det forutsettes en tilstand med enkeltriss i stedet for en ferdig utviklet tilstand med gjennomgående strekk i armeringen mellom rissene. Som oftest vil det derfor være tilstrekkelig å relatere kravet til rissvidder til tillatte spenninger i armeringen avhengig av stangdiameter og senteravstand i henhold til NS-EN 1992-1-1 tabellene 7.2N og 7.3N.

Riss med rissvidder mindre enn 0,5 mm brytes vanligvis ikke ned av harde hjul fra trucker og jekketraller. Krakeleringsriss, som en ofte ser i overflaten, er derfor bare et estetisk problem.

For å få bedre kontroll med riss i gulv, er det i denne publikasjonen innført gulvklasser. Forskjellige kombinasjoner av betongkvalitet, armeringsmengde, randbetingelser, og utførelseskrav er benyttet for å oppnå foreskrevne krav til rissvidder i de forskjellige klassene. Se mer om dette i kapittel 3.6.

3.1.4 Laster

Opplysninger om tyngdetetthet for materialer og produkter og karakteristiske nyttelaster for bygninger er gitt i NS-EN1991-1-1. Nyttelaster oppgis typisk som jevnt fordelte laster og punktlaster. Mange ulike lasttyper kan normalt, som en forenkling, representeres som jevnt fordelte selv om de i realiteten er en mengde punktlaster eller linjelaster, som trafikklaster fra biler er hjultrykk, bokhyller i bibliotek er last fra hyllebein og tilsvarende er last fra reoler i et høylager, lasten fra en plankestabel er linjelasten fra strø plankene er lagt på, nyttelast fra storfe er kraften av beinparene, bare for å gi noen eksempler. For frittstående dekker er denne forenklingen helt grei, der samvirker alle «enkeltlastene» til den samlede beregningsmessige lastvirkningen. Det er imidlertid ikke alltid tilfelle for gulv på elastisk underlag hvor influensflaten kan være liten i forhold til avstanden mellom lastpunktene. Derfor er det viktig å analysere lastene og deres kontaktflate mot gulv på grunnen meget grundig. For hjultrykk fra trafikklaster er hjulavstanden normalt så stor at de to hjultrykkene ikke belaster samme lastflate, men kommer to aksler ved siden av hverandre kan det være at de to nærmeste hjulene sammen belaster samme influenssone. For reoler vil den faktiske utformingen av hylleareal og ben bestemme hvor stor lasten innenfor en influenssone kan bli, der kan det godt være last fra både to og flere ben.

I NS-EN 1991-1-1 er det en oversikt over hvilke karakteristiske aksellaster som skal benyttes for gaffeltrucker og vanlige kjøretøy. Det er også angitt akselbredde og utbredelse av punktlaster. For lette kjøretøy (brutto tyngde ≤ 30 kN) er utbredelsen satt til 100x100 mm, og for gaffeltrucker og tynge kjøretøy til 200x200 mm. En lastflate på 100x100 mm er for stor for punktlaster fra trucker og traller med harde hjul, som bare virker som en stripe/kniv-last mot betongen. Likevel er det også for slike hjul aktuelt å velge en lastflate på 100x100 mm for dimensjoneringen av gulvet, mens den virkelige lastflaten benyttes ved vurderinger av flatetrykket.

Riktige verdier for størrelse og utbredelse av punktlaster fra kjøretøy, reoler og andre typer utstyr som skal benyttes, må avklares med byggherre og utstyrsleverandører i hvert enkelt tilfelle. Vekten til paller kan for eksempel variere fra 500 til 1500 kg. Siden det har sviktet mye i forhold til punktlaster ved dimensjonering av gulv, er det tatt med en oversikt i Tabell 3-1 som er hentet fra Betongrapport nr. 13 i Sverige /1/ og som viser typiske karakteristiske laster for forskjellige typer industrigulv. En jevnt fordelt last over hele gulvet gir imidlertid bare en setning, mens feltvis jevnt fordelte laster i tillegg gir momenter i gulvet. Lastvirkningen fra slik last er likevel betydelig mindre enn for punktlaster med små lastflater.

I tillegg til de vertikale kreftene, vil akselerasjons- og bremsekrefter fra kjøretøy virke langsetter gulvet. Disse kreftene bestemmes vanligvis ved at det benyttes faktorer fra 1,1 til 1,3 på den vertikale lasten /1/.

For punktlaster fra kjøretøy skal det også tas hensyn til dynamisk virkning fra ujevn overflate og til omfordeling av lasten (mellom hjulene) ved svingning. NS-EN 1991-1-1 setter denne faktoren til 1,4 for luftfylte hjul og til 2,0 for harde hjul. Dette er høyt. De faktorene som det til nå har vært vanlig å benytte er 1,0 - 1,1 for luftfylte hjul og 1,2 - 1,4 for harde hjul.

Faktorer mellom 1,2 og 1,4 er vanlig for lastoverføring mellom hjul ved svingning for begge hjul typer. For gulv som er stålglatte, er det først og fremst aktuelt med en dynamisk faktor for ujevn overflate ved fugene.

Der hvor det er oppgitt et tillatt hjultrykk, er dette bestemmende for lastflaten ($A=F/\sigma$, hvor A er lastflaten, F er kraften og σ er hjultrykket).

Det må også tas hensyn til at lastvirkningen fra flere punktlaster vil kunne påvirke hverandre. Gulv som er utsatt for punktlaster og som skal være mest mulig rissfrie, bør kontrolleres i forhold til tillatte spenninger i urisset betong (stadium I); både i under- og overkant av gulvet ved punktlaster. Det henvises imidlertid til kapittel 4.2.2 for en nærmere diskusjon av dette forholdet.

Tabell 3-1: Typiske karakteristiske verdier for jevnt fordelt last og punktlaster for forskjellige typer virksomheter /1/

Industri	Virksomhet	Karakteristiske laster		
		Fordelt last (kN/m ²)	Punktlast ¹⁾ (kN)	Aksellast (kN)
Meget lett	Garasjer, enkle lager, forretninger	< 5	< 10	-
Lett	Plukkager, verksteder	< 15	< 40	< 50
Middels tung	Høglager, varehus, havnelager	< 50	< 80	< 100
Tung	Smelteverk, tung industri	> 50	> 80	> 100

1) Vurderes i hvert tilfelle

3.1.5 Armering

Gulv kan utføres uarmert, men det er likevel vanlig at de armeres. Vanlig armering velges ofte ut fra kravet til minimumsarmering for frittstående plater i henhold til NS-EN 1992-1-1 punkt 9.3.

Gulv med krav til rissvidder kan imidlertid ha et betydelig større armeringsbehov. Det armeres vanligvis like mye i begge retninger.

De vanligste armeringstypene for gulv er nett- og stangarmering av stål, og makro fiber av stål- eller polymer-materialer.

For gulv med særlig strenge krav til "rissfrihet" kan det også være aktuelt å benytte spennarmering; vanligvis uten heft til betongen. Dette er så langt lite benyttet i Norge.

Det skal mye til før vanlig armering som er lagt med riktig overdekning blir et bestandighetsproblem for gulv på grunn. Det kan likevel være aktuelt å benytte rustfri armering i spesielt aggressivt miljø.

3.1.5.1 Slakkarmering

Vanlige armeringsdimensjoner i gulv er nett med diameter fra 6-8 mm og stenger med diameter fra 8-12 mm. De vanligste nettene er K131, K189, K257 og K335, som alle har senteravstand 150 mm mellom stengene. K står for kam eller pregede stenger og tallet bak for arealet til stengene i mm² pr meter bredde. Diameteren til stengene i disse nettene er henholdsvis 5, 6, 7 og 8 mm. Det finnes også kraftigere 8 mm nett; K402 og K503, hvor senteravstanden er 125 og 100 mm. Det henvises forøvrig til armeringsleverandørene for komplett oversikt over nettvarianter. Mindre stangdimensjoner og tettere mellom stengene gir generelt mindre rissvidder forutsatt samme areal pr. meter.

Når nett legges med omfar, kan det bli opptil fire nett oppå hverandre i hjørner. Dersom en starter med et halvt nett, kan dette reduseres til tre nett oppå hverandre i hjørner. I tynne gulv blir det fort problemer med både armeringsplassering og overdekning når det brukes nett. Det anbefales derfor i slike tilfeller at det i stedet benyttes enkeltstenger eller nett som bare legges inntil hverandre og som skjøtes med enkeltstenger.

3.1.5.2 Fiberarmering

Det henvises til Norsk Betongforening Publikasjon nr. 38 (NB 38) for en beskrivelse av fibertyper og mer detaljerte beregningsmodeller for fiberbetong /2/.

Fiber påvirker trykk- og strekkfasthet til betong forholdsvis lite. Det er derfor virkningen av fiber etter at det er blitt riss som er interessant. Strekkfastheten til tverrsnittet etter at det er blitt riss kalles reststrekkfastheten til fiberbetongen. Det opereres både med en restbøye- og en reststrekkfasthet. Restbøyestrekfastheten er en fiktiv randspenning, mens reststrekkfastheten er en jevnt fordelt spenning pr. flateenhet fra fibre som krysser risset. De bestemmes begge ved prøving i henhold til NS-EN 14651+A1 og avhenger først og fremst av fibertype, fibermengde og betongens trykkfasthet.

NS-EN 14651+A1 baserer seg på 3-punkts bøyep prøving av 150x150x550 mm prizmer med et 25 mm dypt spor (rissanviser) på midten. For vanlig dimensjonering (i bruddgrensetilstanden) anbefaler /2/ at reststrekkfastheten bestemmes ut fra F_{R3} , som er lasten ved en rissvidde på 2,5 mm i bunnen av slissen. Reststrekkfastheten til fiberbetongen ved denne rissvidden kan da i henhold til Figur 3-1 bestemmes som:

$$f_{ft,r2.5,prisme} = 0,37 f_{R3,prisme} \quad (1)$$

hvor:

f_{R3} er den fiktive eller ofte kalt ekvivalente restbøyestrekfastheten til prismet for denne rissvidden ($f_{R3} = \frac{3 F_{R3} \times L}{2 b h^2}$ hvor F_{R3} er lasten ved en rissvidde på 2,5 mm, L er spennvidden og b og h er bredden og høyden til tverrsnittet ved sporet).

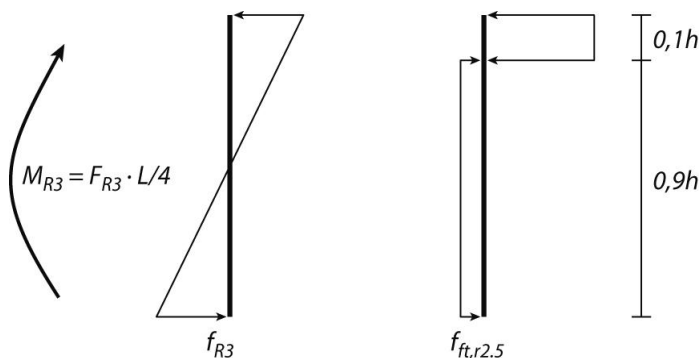
Denne verdien kan eventuelt normaliseres dersom det er et avvik mellom fiberinnholdet ved risset og nominell eller tilsatt mengde i prøvene. Den korrigerte reststrekfastheten kan da skrives som:

$$f_{ft,r,kor} = f_{ft,r,prisme} (v_{f,nom} / v_{f,m\ddot{a}lt}) \quad (2)$$

hvor:

$v_{f,nom}$ – er nominelt fiberinnhold i henhold til resepten (i volumprosent)

$v_{f,m\ddot{a}lt}$ – er målt fiberinnhold i prøven



Figur 3-1: Antakelser som legges til grunn ved fastsettelse av reststrekfastheten til fiberbetongen

For vanlig dimensjonering, gjøres verdiene videre om til karakteristiske og dimensjonerende verdier.

For gulv på grunnen kan det forsvares å benytte middelverdiene fra forsøkene mer direkte. Det bør imidlertid tas hensyn til at fibrene må antas å være noe mer retningsorienterte i prismene enn i gulvet. For å ivareta dette forholdet, er det derfor innført en reduksjonsfaktor på 0,75 på den observerte reststrekfastheten fra prøven.

Midlere reststrekfasthet for den aktuelle fiberen kan da uttrykkes som:

$$f_{ftm,r,gulv} = 0,75 \cdot f_{ftm,r,kor} \quad (3)$$

hvor:

$f_{ftm,r,kor}$ er middelverdien til de eventuelt korrigerte prøveverdiene. Middelverdien bestemmes normalt som middel av seks prøver.

For noen fibertyper påvirkes reststrekfastheten ganske mye av rissvidden etter at det er blitt riss. Det er derfor benyttet forskjellige reststrekfastheter i bruks- og bruddgrensetilstanden i denne publikasjonen. Brukgrensetilstanden baserer seg på lasten (F_R) ved en rissvidde på 0,5 mm og

bruddgrensetilstanden på lasten ved en rissvidde på 2,5 mm. Dette er for øvrig i overensstemmelse med NB 38. Reststrekkfasthetene i de to tilstandene betegnes henholdsvis $f_{ftm,r0.5,gulv}$ og $f_{ftm,r2.5,gulv}$. Ved kontroll av rissvidder for fiber i kombinasjon med slakkarmering, er det $f_{ftm,r0.5,gulv}$ som er mest aktuell. En må imidlertid da være klar over at denne verdien kan bli noe redusert dersom det bare blir noen få store riss i gulvet. For gulv med bare fiberarmering, bør en derfor benytte $f_{ftm,r2.5,gulv}$ både ved kapasitets- og i rissviddevurderinger.

Reststrekkfastheten til fiberbetongen kan også uttrykkes som /2/:

$$f_{ftm,r} = \eta_0 v_f \sigma_{f,mid} \quad (4)$$

hvor:

η_0 – er en kapasitetsfaktor som uttrykker forholdet mellom spenningsresultanten fra fiberen normalt på en flate, for en gitt eller antatt fiberorientering og ensrettet fiber

v_f – er volumandel fiber

$\sigma_{f,mid}$ – er middelspenning av alle fibre som krysser en flate eller et riss med tilfeldig fordelte forankringslengder og retninger

Kapasitetsfaktoren η_0 er $\frac{1}{3}$ for fiber med tilfeldig romlig orientering, $\frac{1}{2}$ for fiber som er planorientert og 1,0 for fiber som er retningsorientert. Det er en gitt sammenheng mellom kapasitetsfaktoren η_0 og en orienteringsfaktor α for fibre som vist i Figur 3-2.

Fiberorienteringsfaktoren α bestemmes ved telling av fiber i to snitt like ved bruddsnittet (minst 2/3-deler av fiberlengden til hver side for bruddsnittet). Prøvestykkene knuses, for å bestemme fiberinnholdet v_f .

Orienteringsfaktoren α bestemmes som:

$$\alpha = \rho / v_f$$

hvor:

ρ - er arealforholdet nA_f/A_c

n - er antall fiber som kommer ut av flaten

A_f - er arealet til hver fiber

A_c - er arealet til flaten

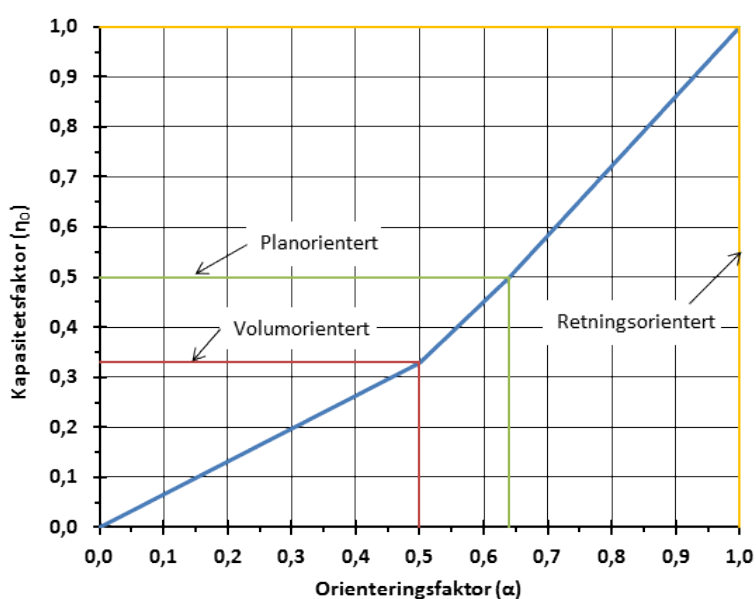
α er 0,5 ved ideell volumorientering, 0,64 ved ren planorientering og 1,0 ved full retningsorientering. Prøver med $0,3 > \alpha > 0,8$ bør ikke forekomme i snitt normalt på en plate. Det bør eventuelt finnes en forklaring på et så stort avvik.

Ved telling av fiber deles flaten normalt inn i fire like store felt. Beregningen av α kan baseres på middelveidien. Ved signifikant forskjell i øvre og nedre del av prismet, bør det legges størst vekt på feltene i underkant.

Prismeforsøk har vanligvis en orienteringsfaktor på ca. 0,7, noe som gir en kapasitetsfaktor på 0,60. Ved å multiplisere denne verdien med den innførte reduksjonsfaktoren på 0,75 for overgangen fra prismer til plant gulv, får en da en kapasitetsfaktor på 0,45, som er 10% under ren planorientering.

Beregninger med vanlige heftantakelser (rette fibre) har vist at $\sigma_{f,mid}$ er litt over halve flytespenningen til fiberen ($\sigma_{f,mid} \approx \frac{\sigma_{f,y}}{2}$) /3/. For stålfiber med krok vil det som oftest si spenninger fra 500-700 MPa og for polymerfiber fra 200-350 MPa. Disse verdiene stemmer også bra med det en får ved etterberegning av forsøk. Foruten fibertypen, er middelspenningen også avhengig av trykk- og strekkfastheten til betongen og rissvidden. Dersom $f_{ftm,r}$, v_f og α er kjent fra prismeforsøkene, kan $\sigma_{f,mid}$ bestemmes direkte fra (4).

Leverandøren av den aktuelle fibertypen bør kunne oppgi verdien av $\sigma_{f,mid}$ avhengig av fibermengde og betongens trykkfasthet. I henhold til /2/ kan det interpoleres lineært mellom prøvde verdier.



Figur 3-2: Sammenheng mellom kapasitetsfaktor og orienteringsfaktor

Dersom en antar en middelspenning på 500 MPa og en kapasitetsfaktor på 0,45, blir reststrekkfastheten for stålfiber avhengig av fibermengden som vist i Tabell 3-2.

Tabellen viser at det skal ganske mye fiber til før den kan forventes å være rissfordelende i gulv som er fastholdt i planet og som får membranstrekk. I slike tilfeller må en antageligvis opp i et fiberinnhold på ca. 1 vol-% (ca. 80 kg) før fiberen kan forventes å være rissfordelende.

Relativt lave fibermengder på 25-35 kg/m³ er derfor mer gunstig for momentvirkning enn for aksialkraft (membranvirkning). Sammenlignet med vanlig minimumsarmering for plater (slakkarmering), som har en indre momentarm som er 0,6 ganger tykkelsen til gulvet, så trengs det ca. 40 kg stålfiber pr. m³ betong for at en B30 betong med bare fiber skal ha en momentkapasitet (forutsatt $\eta_0 = 0,45$) som noenlunde tilsvarer minimumsarmering med vanlig slakkarmering.

Tabell 3-2: Resttrekkfasthet for betong med stålfiber, for $\sigma_{f,mid}^1 = 500$ MPa, avhengig av fibermengde

Antatt kapasitetsfaktor	Resttrekkfasthet (MPa)			
	Fibermengde (kg/m ³) / Volumandel (%)			
	20 / 0,25	40 / 0,5	60 / 0,75	80 / 1,0
$\eta_0=0,45$	0,55	1,10	1,65	2,20

Det er også aktuelt å kontrollere skjærkapasiteten til gulv på grunn og da spesielt i forhold til gjennomlocking av punktlaster i noen tilfeller. Fiberarmeringen vil i dette tilfellet bidra til kapasiteten etter at det er blitt skråriss i gulvet (fra undersiden og opp mot lastflaten). De fleste undersøkelser rundt dette er imidlertid blitt gjort på tverrsnitt som har vanlig armering (på strekksiden) i tillegg til fiberarmeringen. Dersom det bare er fiberarmering i gulvet, er det derfor nærliggende å tenke seg at det må være en minimum fibermengde for å få til den omfordelingen av krefter som trengs for å få utviklet skrårissene.

For at en skal kunne regne med bidrag fra fiberarmeringen til skjærkapasiteten i gulv som bare er fiberarmert, er det derfor i denne publikasjonen forutsatt at det er så mye fiber i betongen at den gir en midlere resttrekkfasthet på minst 1,0 MPa.

Det er ellers lagt opp til at denne beregningen baserer seg på prinsippene i NS-EN 1992-1-1 punkt 6.4.4 og 6.4.5. Dersom det ikke er vanlig lengdearmering ved punktlastene, begrenses det første leddet i betongbidraget under punkt 6.4.4 til v_{min} . Det henvises til NS-EN 1992-1-1 for en forklaring på disse størrelsene.

I NB 38 er fiberarmeringens bidrag til skjærkapasiteten uttrykt som:

$$V_{Rd,cf} = 0,6 f_{ftd,r2.5} \cdot b_w \cdot h \quad (6)$$

hvor:

$f_{ftd,r2.5}$ - er dimensjonerende resttrekkfasthet for fiberbetongen ved 2,5 mm rissvidde i konstruksjonsdelen

b_w - er bredden til tverrsnittet

h - er høyden til tverrsnittet

¹ ($\sigma_{f,mid} \approx \frac{\sigma_{f,y}}{2}$)

Faktoren 0,6 skal ivareta at fiberen (på grunn av retningsorientering) ikke er like effektiv i forhold til et skrått riss (45-grader) som et vertikalt riss.

Det er også et mer åpent spørsmål om en kan benytte midlere reststrekkfasthet for fiberarmingen i skjærkontroller av gulv på grunn. Ved dimensjonering av betongkonstruksjoner, er det generelt en større sikkerhet for skjær enn for moment. Gulv på grunn er likevel litt spesielt ved at det er begrenset hvor mye gulvet "gir seg" ved et eventuelt brudd. For de fleste lasttilfeller, bør en derfor kunne kontrollere skjærkapasiteten til gulv på grunn i bruksgrensetilstanden basert på middelverdier for fiberbetongen. Dette forutsetter imidlertid at en er rimelig sikker på lastvirkningen. Det anbefales likevel at det legges inn en ekstra sikkerhetsfaktor på 1,25 (på middelreststrekkfastheten ved 2,5 mm rissvidde) på fiberens bidrag til skjærkapasitet.

Skjærkapasiteten til spesielt viktige og store punktlaster bør likevel kontrolleres i bruddgrensetilstanden basert på karakteristiske reststrekkfastheter og tilhørende last- og materialfaktorer. Karakteristisk reststrekkfasthet settes da til $0,7 f_{ftm,r2.5}$ og dimensjonerende reststrekkfasthet til $(0,7 f_{ftm,r2.5})/1,5$ /2/.

Skjærkapasiteten for gjennomlokking beregnes i henhold til NS-EN 1992-1-1 i et snitt 2 d eller 2 h ut forbi lastflaten, hvor d og h er henholdsvis avstanden fra trykkranden til senter av strekkarmingen og tykkelsen til gulvet. Fiberarmingen kan imidlertid bare antas å virke over et 45-graders snitt like utenfor lastflaten. Bidraget fra fiberen til skjærkapasitet i dette snittet må derfor normaliseres til det beregningsmessige snittet i avstand 2 d fra lastflaten. Hvis både lastflaten og snittene antas sirkulære, kan det gjøres ved hjelp av følgende uttrykk (basert på midlere reststrekkfastheter):

$$0,6 f_{ftm,r2.5,gulv} \left[2\pi \left(\frac{a+d}{2} \right) \right] d = v_{ftm} \left[2\pi \left(\frac{a}{2} + 2d \right) \right] d \quad \text{for } f_{ftm,r2.5,gulv} \geq 1,0 \text{ MPa}$$

hvor:

$f_{ftm,r2.5,gulv}$ er midlere reststrekkfasthet ved 2,5 mm rissvidde i gulvet, som er

lik $0,75 \cdot f_{ftm,r2.5,prisme}$

v_{ftm} - er midlere reststrekkfasthet for fiberbetongen i gulvet i det beregningsmessige snittet 2d eller 2h ut forbi lastflaten

a - er diameteren til lastflaten

d - er den effektive høyden eller tykkelsen til gulvet (dersom det ikke er slakkarmring).

Ordnet gir dette:

$$v_{ftm} = 0,6 f_{ftm,r2.5,gulv} \left(\frac{a+d}{a+4d} \right) \quad \text{for } f_{ftm,r2.5,gulv} \geq 1,0 \text{ MPa} \quad (7)$$

For a og d lik henholdsvis 100 og 150 mm, blir $v_{ftm} = 0,35 \cdot 0,6 f_{ftm,r2.5,gulv} = 0,21 f_{ftm,r2.5,gulv}$

Denne relasjonen kan også benyttes for kvadratiske lastflater. Mer rektangulære lastflater ($a/b > 2$) kan kreve spesielle vurderinger.

3.2 Funksjonskrav

3.2.1 Bærelag

Et tilstrekkelig tykt, godt komprimert og nøyaktig avrettet bærelag er viktig både når det gjelder å begrense riss i gulv og overholde toleransekravene til ferdig overflate.

Det er så langt ingen felles krav til toleranser for grunn og terrengarbeider i NS 3420. I NS 3420 del F: grunnarbeid – del 1 punkt FS2 – utlegging av løsmasser i lag (2008), står det imidlertid at underlag/bærelag for konstruksjoner skal ha en høydetoleranse på +/- 20 mm og en jevnhet målt med en 3 meter lang rettholt på +/- 10 mm.

I tillegg er det viktig å begrense setningsforskjeller, noe som setter krav både til oppbygging av bærelaget og komprimering. Eksempler på bærelag er vist i kapittel 5.2.1.

Grunnens stivhet kan beskrives som en fjærstivhet med et stivhetstall eller som et medium med antatt E-modul og tverrkontraksjon. Denne publikasjonen benytter stivhetstall eller k-verdier, da det er et direkte uttrykk for grunnens respons samtidig som denne verdien også inngår i dimensjoneringsuttrykkene for punktlaster. For mer nøyaktige beregninger, kan det imidlertid etableres en relasjon mellom k-verdien og forskjellige lags E-moduler /4/.

Typiske k-verdier er vist i Tabell 3-3.

Tabell 3-3: Typiske verdier for grunnens stivhet, k /5/

Grunnforhold	Grunnens stivhet k (N/mm ³)
Jordbunn	0,01 - 0,02
Lett komprimert sand	0,015 – 0,03
Godt komprimert sand	0,10 – 0,15
Våt leire	0,03 – 0,06
Tørr leire	0,08 – 0,10
Knust stein med sand	0,10 – 0,15
Grov knust stein	0,20 – 0,25
Godt komprimert knust stein	0,20 – 0,30

Mer nøyaktige verdier kan bestemmes med plateforsøk, hvor en standard plate med diameter 750 mm belastes og presses ned i grunnen. Stivheten bestemmes da som last delt på arealet til plata og tilhørende forskyvning/nedtrenging ($k=F/(A\cdot\Delta)$). Hvis det benyttes en mindre plate, skal resultatet korrigeres. For en 300 mm plate skal den beregnede k-verdien divideres med 2,3 og for en 160 mm plate med 3,8 /5/. Det er den første målingen som er mest representativ for grunnens k-verdi med tanke på gulvets bevegelser. Dersom grunnen er godt komprimert, er det ikke vesentlig forskjell på

første og påfølgende målinger på samme sted. Hvis kurven ikke er lineær, bestemmes k-verdien ut fra last-forskyvningsforløpet i området mellom 0,5 og 1,0 mm /5/.

Et underlag vil som regel bestå av flere lag. I stedet for å etablere en k-verdi basert på E-moduler og tykkelser, anbefales det heller å velge en fornuftig gjennomsnittsverdi ut fra Tabell 3-3. Generelt kan en si at:

- 0,05 N/mm³ kan benyttes for relativt dårlige grunnforhold med vanlig komprimering
- 0,15 N/mm³ for en oppbygning med grus og sand med vanlig komprimering
- 0,30 N/mm³ for en mer systematisk oppbygging med godt komprimert stein og sand i normal tykkelse (0,4-0,6 m) på et godt underlag.

Ved isolasjon under gulvet, vil dette sjiktet vanligvis være dominerende for stivheten. k kan i de fleste tilfeller bare bestemmes ut fra isolasjonslaget som E/t, hvor E er isolasjonens E-modul og t dens tykkelse. Ved store isolasjonstykkelser, vil imidlertid dette bli for konservativt. Dette fordi isolasjonen (i hvert fall den mest trykkfaste) også har en skjær- og/eller strekkfasthet som vil bidra til å fordele lasten/deformasjonen over et større område etterhvert som en kommer ned i isolasjonssjiktet. En tilnærming til dette kan være å regne k som E/t ved bare å ta hensyn til tykkelser opp til 150 mm (for større tykkelser settes k = E/150). Typiske E-moduler for forskjellige kvaliteter av EPS- og XPS-plater er vist i Tabell 3-4. Tallene under kvalitet i denne tabellen står for trykkfasthet ved 10 % deformasjon for korttids last.

Stivheten til løs Leca som underlag må vurderes spesielt. En E-modul på 5 MPa og en tykkelse på 500 mm, gir Leca laget en stivhet k=0,01 N/mm³.

Tabell 3-4: Typiske E-moduler for vanlige EPS- og XPS-plater (N/mm²)

	EPS					
Kvalitet	60	80	150	200	300	400
E-modul	1,5	2,5	4,0	5,0	6,0	7,0
	XPS					
Kvalitet	200	250	300	400	500	700
E-modul	8,0	8,0	12,0	15,0	20,0	25,0

Grunnens stivhet er først og fremst av betydning for punktlaster. I de fleste tilfeller er det imidlertid betongen eller gulvets stivhet som betyr mest for responsen, slik at en liten feil i grunnens stivhet ikke nødvendigvis betyr så mye for valget av gulvtykkelse.

3.2.2 Rissvidder

Se avsnitt 3.1.3 om rissvidder under «Konstruktive krav».

3.2.3 Toleranser for betongoverflater

Toleransene i NS-EN 13670+NA til Tillegg G, er normative i Norge for betonggulv. Kravene varierer med metode for avtrekking/glatting.

Toleranseklasse 1 tilfredsstillende forutsetningene for prosjektering.

Toleransene for lokal planhet i NS-EN 13670+NA er de samme som for toleranseklassene PC, PD og PE i NS 3420-1: "Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner, Del 1: Fellesbestemmelser". Klassene PA og PB i NS 3420-1 gjelder for ferdig belagte overflater.

Både NS-EN 13670+NA og NS 3420-1 har et generelt krav til sammensatt byggtoleranse på +/- 15 mm.

Gulv for høye reoler og høytgående trucker setter normalt strengere krav til planhet og helning enn de som er angitt i NS-EN 13670+NA. Som en veiledning for slike gulv, henvises det derfor til anbefalte planhetskrav i engelske retningslinjer /6/.

3.2.4 Slitestyrke

Slitasje på gulv kan skyldes flere forhold som stor gangtrafikk, maskinell rengjøring, belastning fra hjul, søl av aggressive væsker og bruk av feil rengjøringsmiddel. Konsekvensen av denne slitasjen er i hovedsak skuring/friksjon og knusning av partikler i overflaten eller en kombinasjon av disse.

Det er en direkte sammenheng mellom trykkfasthet og slitestyrke for betong. Slitestyken påvirkes først og fremst av tilslagets hardhet og form og at det er god heft mellom tilslag og sementlim i overflaten.

Betonggulv har vanligvis god slitestyrke. I de fleste tilfeller vil en ordinær B30 M60 kvalitet ha tilstrekkelig slitestyrke. Slitasje kan likevel være bestemmende for gulvets levetid. I enkelte tilfeller aksepteres det bare slitasje av millimeters størrelse. Slitestyken vil da være bestemt av egenskapene til betongen i det helt øverste sjiktet. Betong uten separasjon og med gode herdebetingelser er viktige faktorer for å oppnå god slitestyrke. Gulvbetonger som separerer, vil gi et betydelig dårligere overflatesjikt enn det betongens fasthetsklasse tilsier.

Hardbetong er et begrep som leverandører benytter og som er ment å beskrive kvaliteten på overflaten. Dersom det skal beskrives «hardbetong», må en beskrive produktnavn. Alternativt må en beskrive funksjonskrav som produktet skal tilfredsstille. Hardbetong er ikke en term som er knyttet opp mot norske eller europeiske standarder.

For gulv med B30 M60 betong, har det vært vanlig å legge et sjikt av såkalt hardbetong (tørt pulver med spesialtilslag < 4 mm) i toppen av gulvbetongen med en intensjon om å oppnå økt slitestyrke. Dette påvirker dog bare de øverste par millimeterne.

En forutsetning for denne type hardbetong er at gulvbetongen har tilstrekkelig med overskuddsvann som tørrstoffet kan reagere med. Erfaring viser at hardbetongen må strøs på så tidlig som mulig og før gulvbetongen har størknet så mye at den bærer en person. Bruk av bomutlegger, som strør hardbetong-pulveret i fersk betong, gir best resultat. Utførelsen må uansett metode skje under kontrollerte forhold.

Dagens bindemidler inneholder ofte mer type II tilsetningsmaterialer (silikastøv, flygeaske, slagg) som gir mindre bleeding, og dermed mindre overskuddsvann. Dette har ført til at det er blitt vanskeligere å oppnå et godt resultat med hardbetong, selv for M60-kvalitet. Det er også flere eksempler på at gulv som skal behandles på denne måten er beskrevet ut fra et krav til trykkfasthet i stedet for masseforhold, og at det dermed blir for lite vann å reagere med for hardbetong-pulveret.

Løsningen gir ofte delaminering mellom hardbetongen og gulvbetongen. Overflaten krakelerer lett fra hjultrykk, som igjen resulterer i bom. Det oppstår knusning og sår i overflaten og gulvbetongen slites lett bort når det «hardere» toppsjiktet er borte. Slike hardbetongsjikt har også en tendens til å krakelere i seg selv på grunn av differansesvinn. Det anbefales derfor heller andre løsninger enn denne typen hardbetong når det ønskes gulv med høy slitestyrke.

En annen løsning er å legge ut et separat hardbetongsjikt oppå gulvbetongen på 10-15 mm. Dette er også et spesialprodukt med sterkt tilslag, men det tilsettes i tillegg vann slik at det støpes ut som en vanlig mørtel og limes vått-i-vått med epoxy. En ulempe med denne løsningen er høy kostnad og fare for delaminering mellom sjiktene.

I de siste årene har det vært en utvikling i retning av at det støpes mer gulv i M40-kvalitet. Denne betongen har et lavere uttørkingssvinn enn M60 betong. Den separerer typisk mindre og har så høy trykkfasthet (70-100 MPa etter 1 år) at det ikke er behov for et ekstra sjikt med hardbetong. En M40 betong har også den fordelen at den tørker seg selv ut til et tilstrekkelig lavt RF-nivå, slik at det kan legges tette belegg på gulvbetongen etter kort tid. En tidlig belegging av denne betongen vil også bidra til å redusere kantroising. Dokumentasjon av betongs selvuttørkende egenskaper er omtalt i kapittel 3.7.4.

En M40 betong er imidlertid krevende å legge ut og det er nødvendig med gode herdetiltak for å unngå plastiske svinriss. Herdemembran må påføres i tilstrekkelige mengder umiddelbart etter at betongoverflaten er avtrekt for å begrense avdampingen. Se mer om prosedyre for herdetiltak i kapittel 6.5.4 og om plastiske svinriss i kapittel 7.3.1.

Herdebetingelsene, og da spesielt det forholdet at betongen har tilstrekkelig tilgang på vann den første tiden, er viktig for slitestyrken.

Planhet er også viktig for slitestyrken. Overflater som er glattet med maskin eller slipt, vil vanligvis ha høyere slitestyrke enn overflater som er glattet med lett manuelt utstyr.

Slitestyrken kan også i noen tilfeller økes ved bruk av forskjellige typer herdeplastbelegg. Ripestyrken reduseres imidlertid ved en slik behandling og det er også en viss fare for at belegget løsner.

Det finnes ikke CEN-standarder for måling av slitasjemotstand på gulv av betong. Behovet er vurdert, men det er ingen planer for slike standarder med det første.

3.2.5 Sklisikkerhet

Vanligvis er sklisikkerhet ikke noe problem for rene, tørre betongoverflater. Våte stålglatte gulv kan være glatte. Det finnes flere prøvemethoder for stein og flis som også kan benyttes for betong.

3.2.6 Støvfrihet

Støvavgivelse fra gulvoverflater av betong er nært knyttet til de samme forhold som slitestyrken. Egenskapene i det øverste sjiktet betyr enda mer for støvdannelse og derfor er det viktig med gode herdebetingelser. Risikoen for støvdannelse reduseres ved sliping eller kan helt elimineres ved behandling av overflaten med forskjellige produkt eller belegg. Valg av slike produkt bør baseres på tidligere erfaringer eller referanser. Utførelsen må være i henhold til beskrivelsen fra leverandøren av produktet.

3.2.7 Tetthet

Tetthet er forbundet med betongens permeabilitet og gulvets rissfrihet. Bearbeidingsformen påvirker overflatesjiktets permeabilitet, uten at det trenger å bety så mye for gulvets tetthet. Det skilles mellom tetthet for gass og vann.

Tettheten øker generelt med avtagende masseforhold og økende fasthet. Vanntett betong skal i henhold til NS-EN 206+NA punkt NA.5.5.3 ha et masseforhold lavere enn 0,50. En slik betong er likevel ikke diffusjonstett.

Teknisk forskrift til plan og bygningsloven (TEK 10) krever at nye bygninger skal prosjekteres og utføres med radonforebyggende tiltak, slik at inntrenging av radongass fra grunnen kan begrenses. En radonsperre er et luft- og diffusjonstett sjikt med tettedetaljer som er godkjent for dette formålet. Alle bygninger for varig opphold skal ha radonsperre mot grunnen og være tilrettelagt for ekstra tiltak hvis radonkonsentrasjonen i inneluften overstiger 100 Bq/m³. For mer informasjon henvises det til Byggforskserien Byggdetaljer, blad 520.706.

Urisset betong tilfredsstiller kravene til tetthet for radonsperre, men på grunn av faren for riss i platen og utettheter langs kantene anbefales det ikke å benytte betonggulvet som radonsperre.

Gulv hvor en er redd for misfarging fra væsker bør behandles med et vannavvisende middel (hydrofobering), poreblokkerende behandling (vannglass eller organiske forbindelser), eller impregneringer av herdeplast. Se kapittel 7.6. Før valg av metode, anbefales det prøvefelt med full behandlingsprosedyre. Renhold og vedlikehold skal beskrives i drift og vedlikeholds manual.

3.2.8 Trinnlyd

Krav til trinnlyd kan føre til at det må lages påstøper med mellomlegg på etasjeskillere av betong. For mer informasjon henvises det til Byggforskserien Byggdetaljer, blad 522.515.

3.3 Fuger

3.3.1 Innledning

Dette kapitlet diskuterer generelt behovet for fuger i flytende gulv og påstøp med heft. Utførelsen av fuger er beskrevet i kapittel 5.2.6. En fuge defineres som et gjennomgående brudd i gulvflaten eller som en avstand til andre konstruksjonsdeler, f.eks. søyler og vegger.

En rissanviser som har fått riss og der det ikke er gjennomgående armering, og hvor det kan være kryssende dybler, betegnes som sagd fuge. Den tradisjonelle «rissanviseren» har noe gjennomgående armering.

Det opereres med en rekke betegnelser på fuger avhengig av hvilken funksjon de er tenkt å ha. Det oppstår derfor ofte en forvirring mellom de forskjellige begrepene. I de fleste tilfeller vil det være nok å skille mellom konstruksjonsfuger og bevegselsfuger. Konstruksjonsfuger er fuger som er gjennomgående i hele bygget og er laget for å begrense temperatur- og svinnbevegelser. Det trengs ikke konstruksjonsfuger i gulv på grunn, som er fritt fra resten av bygget.

Bevegselsfuger kan benyttes som en fellesbetegnelse på alle andre fuger (kontraksjons-, dilatasjons-, rand-, seksjonerings- og dags- eller støpeavsnittsfuger), hvor det blir bevegselsfuger lokalt av samme årsak som for konstruksjonsfuger (svinn og temperatur).

3.3.2 Flytende gulv

Det har vært vanlig å skjære tradisjonelle rissanvisere, spesielt i industrigulv, ved at det sages et spor i betongen etter at betongen har fått en viss fasthet. Oppdelingen er et forsøk på å begrense frie riss på overflaten. Løsningen forutsetter imidlertid at armeringen i rissanviseren flyter for en kraft som er mindre enn den som skal til for å gi riss i gulvet mellom rissanviserne. Hvis ikke, vil rissanviseren tilnærmet fungere som andre riss.

Behovet for fuger avhenger av gulvtype, betongens svinnpotensiale, randbetingelser, geometri og størrelse på gulvet. Underlaget er også av stor betydning. Gulv med fuger bør støpes på to lag plast slik at det kan gli lett.

Gulv som det skal limes flis eller stein på kan ha et større behov for fuger enn industrigulv, hvis det er krav til bevegelse i fugene. Prosjekterende må derfor ha alle nødvendige opplysninger om gulvet før det bestemmes om det skal være fuger, og eventuelt i hvilket omfang. Det er først og fremst graden av fastholding som er viktig i forhold til en slik vurdering.

Selv om det legges inn fuger, må det forventes at det også blir riss i plata utenom disse stedene. Spesielt gjelder dette for gulv med den tradisjonelle rissanviseren, hvor det er mange forhold å ta hensyn til for at en skal lykkes med å få riss bare i sagsporene. Det viser seg også ofte at hvis et gulv er rissfritt så er det heller ikke riss i rissanviserne.

Fuger svekker gulvet. Dette gjelder spesielt for gulv som er utsatt for punktlaster, hvor det da blir mer hjørne- og kantområder som har betydelig lavere kapasitet enn resten av gulvet.

I industrigulv har det vært vanlig å ha gjennomgående fuger som er dyblet for hver dagsetappe og en oppdeling i mindre felt med rissanvisere i rutenett på 6-9 m.

Utviklingen de siste årene, både her til lands og i andre land, har derimot gått mer i retning av fugefrie gulv og gulv med større avstand mellom fugene.

Det anbefales derfor heller ikke å bruke tradisjonelle rissanvisere i gulv med betong med et relativt stort svinnpotensiale. Dette gjelder spesielt for gulv som er tynnere enn 150 mm og hvor betongen har et referansesvinn som er større enn 0,55 ‰, dvs. betong i Gulvklasse III i henhold til Gulvklasetabellen. Det er da bedre å legge inn noe mer armering slik at det blir en mer fordelt opprissing med mindre rissvidder. Riss mindre enn 0,5 mm brytes vanligvis ikke ned av trafikk.

Det kan likevel være steder på gulv i Gulvklasse I og II, hvor den tradisjonelle rissanviseren kan være et brukbart alternativ, men da som enkeltspor og ikke som et systematisk rutenett.

I gulv hvor det benyttes betong med lavt svinnpotensiale, og hvor en ikke vil ha frie riss på grunn av strenge krav til f.eks. hygiene, er det blitt ganske vanlig å etablere sagde fuger, dvs. sagde spor uten gjennomgående armering, men som kan ha dybler. Lavt svinn og lite kantroising, gjør at det da er større sjanse for å få lokalisert rissene bare til de sagde sporene. Dette gjelder spesielt hvis gulvet dekkes med et tett eller delvis tett belegg i tidlig fase.

En slik oppdeling av dagsetapper i mindre felt gjøres ved at armeringen brytes og det legges inn dybler langs feltkantene før det støpes. Etterpå skjæres det et forholdsvis dypt spor (ca. 1/3-del av tykkelsen) langs kantene. For at disse sporene skal bli en fuge, må det imidlertid først bli et riss i sporene. Også i forhold til dette alternativet bør en derfor først se på mulighetene for å ha gulvet helt uten sagde spor.

For flytende påstøp, gjelder generelt de samme kriteriene for fuger og rissanvisere som for flytende gulv på grunn. Påstøper er som oftest tynnere, får mer kantroising og knekkes lett ned ved fuger. På grunn av de generelle problemene med fuger og kanter bør påstøper uten heft til underlaget i størst mulig grad utføres uten fuger.

Hvis det velges tynnere flytende påstøper enn anbefalt i Gulvklasetabellen, for eksempel i tykkelse 60-100 mm, bør dette utføres i M40 betong. For denne løsningen anbefales det i tillegg en overflatebehandling med belegg som er tettere enn betongunderlaget for ytterligere å redusere faren for kantroising og riss. Se kapittel 5.2.3.

3.3.3 Påstøp med heft

Påstøp med heft skal generelt ikke ha fuger, da det øker risikoen for bom på grunn av skjær- og strekkspenninger som bygger seg opp ved hver kant.

3.4 Svinnteori

Alle sementbaserte materialer har et svinn. Svinnet kan deles inn i en autogen- og en uttørkingsdel og fordelingen mellom disse avhenger av betongens masseforhold. Jo lavere masseforhold jo større andel autogent svinn. Summen av autogent svinn og uttørkingssvinn er totalt svinn.

3.4.1 Autogent svinn

Autogent svinn foregår uten noen form for fuktutveksling til omgivelsene. Autogent svinn er den ytre virkningen av hydratasjonen mellom sement og vann og er derfor en virkning av det kjemiske svinnet (volumet av vann reduseres med 25 % når det reagerer med sement, som gir ca. 6 liter porer pr. 100 kg sement som hydratiserer). Autogent svinn forekommer derfor både i avbindings- og i herdefasen. I avbindingsfasen er det ganske likt det kjemiske svinnet, mens det etter at betongen har fått en skjelettstruktur bare er en del av det kjemiske svinnet.

Det er denne siste delen som kalles selvuttørkingssvinn og som vi er i stand til å måle på herdet betong. Det tidlige autogene svinnet fremkommer først og fremst som en setning i det betongen binder av. Det må imidlertid ikke forveksles med plastisk svinn som også kan forekomme i det samme tidsrommet, men som skyldes en for rask uttørking av overflaten til omgivelsene.

Det autogene svinnet bestemmes i hovedsak av masseforhold og sementtype. Sementtypen påvirker også tidsforløpet.

Ut fra tidsfunksjonen for autogent svinn i NS-EN 1992-1-1, er ca. 65, 85 og 98 % av dette svinnet ferdig etter henholdsvis 28, 90 og 360 døgn. Dette er noe saktere enn det vi har sett for norske betonger, men det gir likevel en brukbar indikasjon på tidsforløpet til det autogene svinnet.

Det autogene svinnet antas å være likt i hele betongvolumet og gir derfor en jevn sammentrekning av materialet. Det vil likevel bli egenpenninger i betongen (på grunn av betongens anisotrope karakter) og det vi også bli spenninger fra fastholdingspunkt og friksjon fra underlaget på vanlig måte. Autogent svinn gir imidlertid ikke kantreising.

3.4.2 Uttørkingssvinn

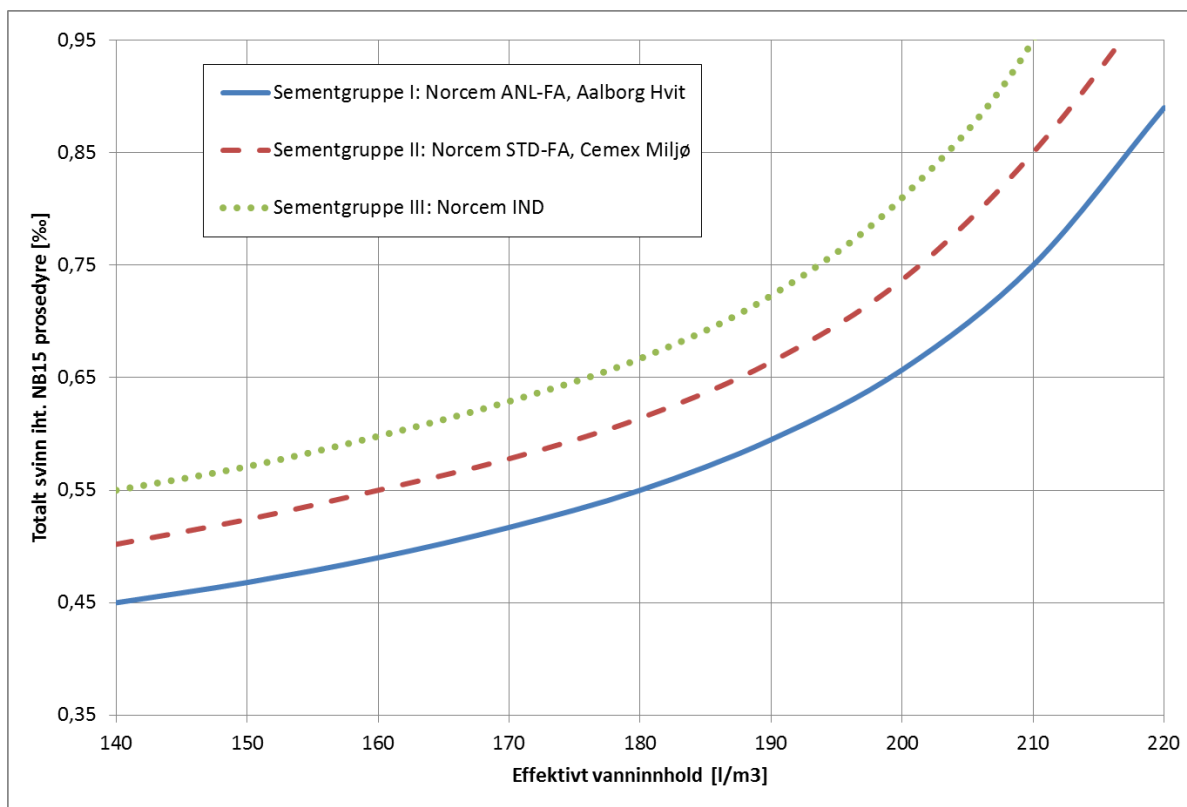
Uttørkingssvinn skyldes uttørking av betongen til omgivelsene. Uttørkingssvinn er i hovedsak avhengig av betongens vannmengde, sementtype og relativ fuktighet (RF) i luften utenfor betongen. Dette svinnet forklares vanligvis ved at det dannes menisker i kapillærporene i betongen som gir sug i porevannet og trykk i skjelettstrukturen når betongen tørker ut. Denne virkningen er avhengig av porestrukturen og det er derfor også en sammenheng mellom porediameteren til de porene som tørker ut og RF i betongen. De største porene tørker først ut og så etter hvert mindre og mindre porer.

Plastisk svinn er en svinnform som kan betraktes som et tidlig uttørkingssvinn og som kan initieres i overflaten før betongen binder av. Plastisk svinn oppstår fordi avdampingen fra overflaten er større enn vanntransporten til overflaten. Det er derfor størst fare for plastisk svinn når det er tørt vær og vind som gir stor fordampingsforhold. Også dette svinnet kan forklares med meniskspenninger og sug i kapillærporer. Strekkfastheten til betongen er lav i denne fasen, slik at det skal små spenninger til før det blir riss. På grunn av lavere vanninnhold er betong med lavt masseforhold mer utsatt for denne svinnformen enn betong med høyt masseforhold. Plastisk svinn kan føre til store sprekker eller «revner» i overflaten som ofte går ned til ca. halve tykkelse.

NS-EN 1992-1-1 gir tidsfunksjoner for uttørkingssvinn. Ved ensidig uttørking for et 100 mm tykt gulv er 40 % av svinnet ferdig etter 90 døgn og 55 % etter 360 døgn. Tilsvarende verdier for et 200 mm tykt gulv er 15 og 30 %. Disse verdiene uttrykker den gjennomsnittlige forkortelsen av gulvet. Ved ensidig uttørking, vil det tidlig i uttørkingsforløpet kunne være stor forskjell på svinnet over tykkelsen.

3.4.3 Totalt svinn

Det er i Norge de siste årene gjennomført en del målinger av totalt svinn til utvalgte bindemiddelkombinasjoner. Disse resultatene er systematisert og det er funnet at så lenge betongsammensetningene ikke er «ekstreme» med hensyn til tilslagssammensetning og SP-stoffer, kan en sammenheng mellom totalt svinn, sementtype og effektiv vannmengde etableres, som vist i Figur 3-3. Bindemidlene dekker et typisk område for produksjon av M60 til M40 betong i henhold til NS-EN 206+NA.

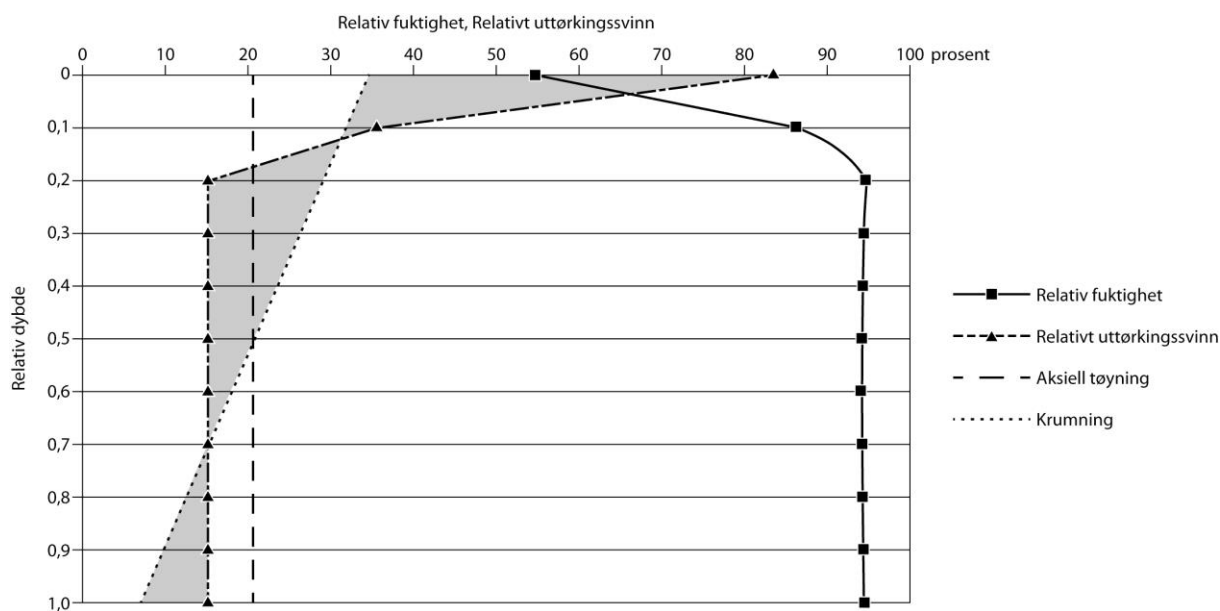


Figur 3-3: Totalt svinn som funksjon av sementtype og betongens effektive vanninnhold

3.4.4 Egenspenninger fra uttørkingssvinn

Uttørkingssvinn vil gi spenninger i et betongtverrsnitt. Betongen i overflaten tørker raskere ut enn resten av tverrsnittet. Ved ensidig uttørking gir dette en svinnvariasjon som fører til en aksiell tøyning og en krumning av tverrsnittet. Det oppstår da en spenningstilstand i betongen i gulvet som kalles egenspenninger fordi den ikke har noe med den ytre lastvirkningen å gjøre. Disse egenspenningene forsvinner stort sett når det blir riss i betongen.

For å illustrere dette, viser Figur 3-4 sammenhengen mellom relativ fuktighet (RF) og relativt uttørkingssvinn i et betongtverrsnitt etter forholdsvis kort tid med tørking. Kurven til høyre på figuren viser antatt relativ fuktighet over tverrsnittet, mens de andre kurvene viser tøyninger.



Figur 3-4: Sammenheng mellom relativ fuktighet, relativt uttørkingssvinn og relative tøyninger i betongen avhengig av randbetingelsene for en plate

Dersom betongens E-modul er kjent, kan tverrsnittets sammentrekning (midlere svinntøyning) og krumning (dvs. svinnets momentvirkning) på grunn av uttørkingssvinnet regnes ut. Dette er vist i Figur 3-4 med den stiplede og prikkede linjen på figuren. Spenning er tøyning ganger E-modul. Egenspenningstilstanden fremkommer da som det skraverete feltet som er forskjellen mellom den stiplede trekantlinjen og den prikkede linjen, som i dette tilfellet gir strekk øverst, trykk på midten og strekk i bunnen. Hvis svinfordelingen er lineær over tverrsnittet blir det bare aksialtøyning og krumning og ingen egenspenninger i plata.

Egenspenningstilstanden vil bli overlagret av spenninger fra egenvekt, last og fastholding på vanlig måte. Gulv vil derfor bare ha en tilnærmet ren egenspenningstilstand ute ved frie kanter.

Flytende gulv vil være fastholdt mot krumning et stykke fra kanten på grunn av momentvirkningen fra egenvekten av den delen som har løftet seg (se neste kapittel). Relatert til Figur 3-4 vil da spenningstilstanden i gulvet være forskjellen mellom den stiplede linjen og den stiplede trekantlinjen, med et noe større strekk øverst og et konstant trykk der hvor tverrsnittet ikke har tørket ut til omgivelsene.

Hvis tverrsnittet er fastholdt for både krumning (moment) og forskyvning (aksialkraft), vil det bli strekkspenninger over hele tverrsnittet i henhold til den stiplede trekantlinjen.

Hvis en for eksempel sier at uttørkingssvinnet til betongen er 0,5 % og at tøyningsgrensen når det blir riss er 0,2 %, så ser en da at både egenspenninger alene og egenspenninger i kombinasjon med annen lastvirkning "lett" kan gi riss i betongen.

Det finnes foreløpig ikke etablerte modeller for å regne sammenhengen mellom relativ fuktighet og svinntøyning i betong. I en virkelig situasjon, vil også forutsetningene være påvirket av at RF i omgivelsene varierer med tiden.

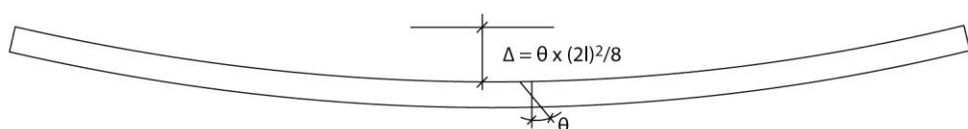
3.4.5 Kantreising

Kantreising er et vanlig fenomen for flytende gulv. Det er mest fremtredende for tynne gulv, men en kan også se ganske betydelig kantreising på gulv som er 150–200 mm tykke.

Kantreising vil utvikle seg raskere i et tynt gulv. Årsaken til dette er at en større del av tverrsnittet har tørket ut ved et gitt tidspunkt og at motstandsmomentet er mindre. Krumningen fra en gitt uttørkingstilstand blir dermed større.

Dersom krumningen er kjent, kan kantreisningen beregnes. Krumningen vil imidlertid være avhengig av betongkvaliteten, RF og temperatur i luften, og til dels også av armeringsmengde og -plassering. Et eksempel på en slik beregning er vist på Figur 3-5.

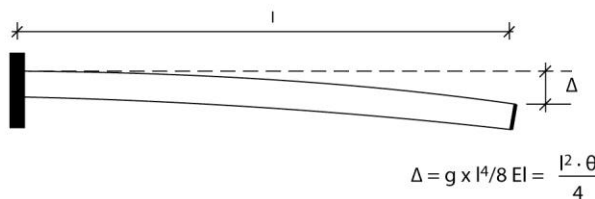
Oppbøyning fra konstant krumning:



Nedbøyning fra egenvekt:

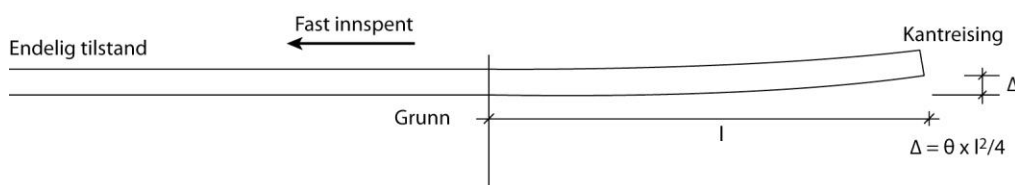
$$M_{\max} = g \times l^2/2$$

$$\theta = M_{\max}/EI$$



$$\Delta = g \times l^4/8 EI = \frac{l^2 \cdot \theta}{4}$$

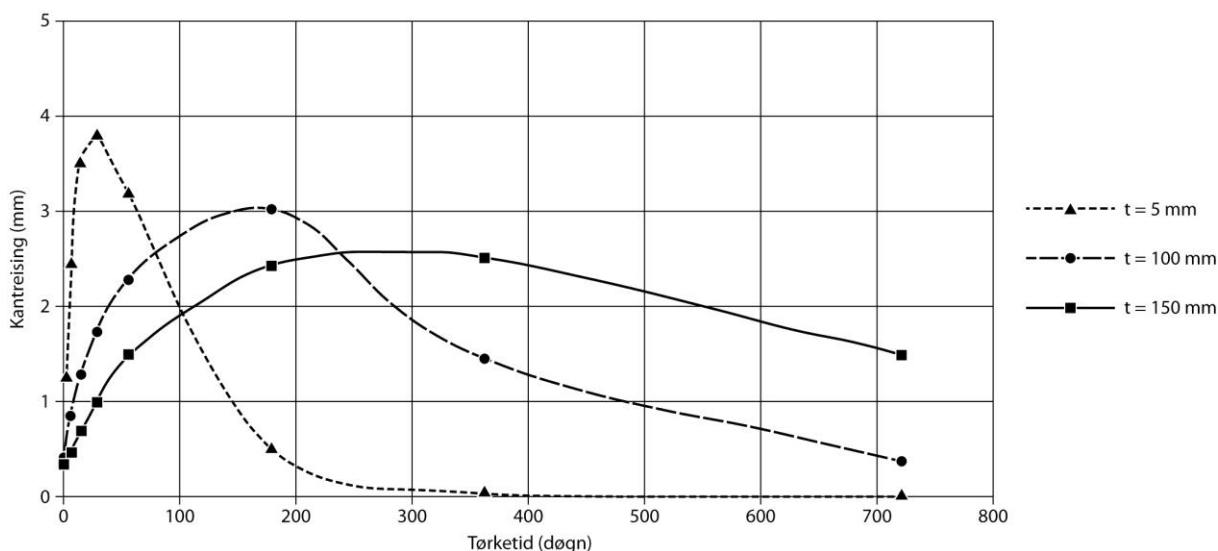
Setter: $\theta_{\text{svinn}} = \theta_{\text{egenvekt}}$



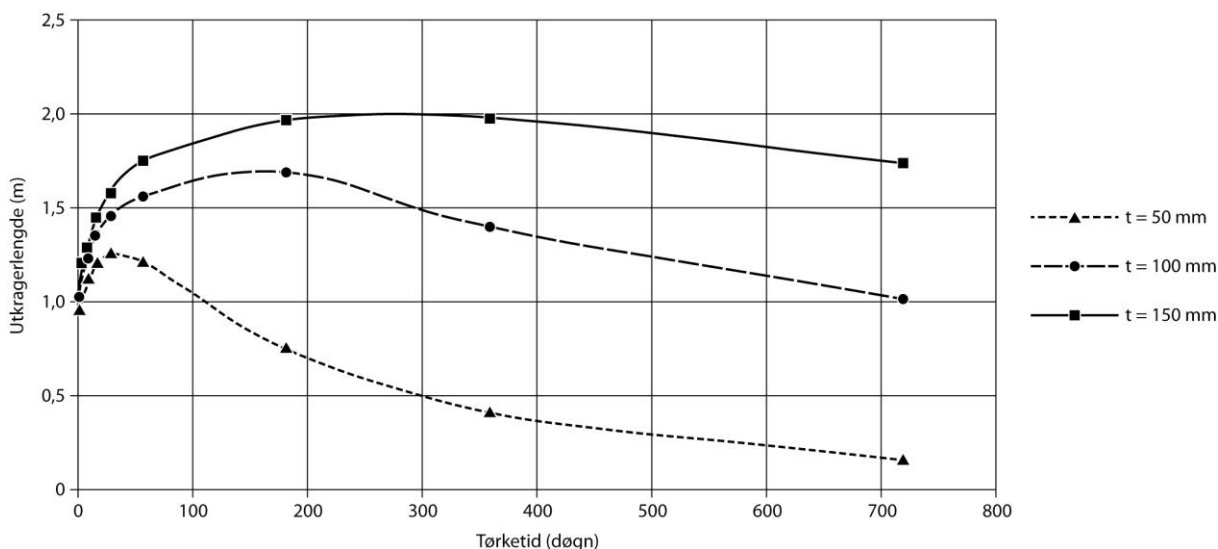
Figur 3-5: Beregning av kantreising og lengden som løfter seg for en gitt svinn-krummings tilstand

Lengden til den delen av gulvet som løfter seg, bestemmes ved at krumningen fra momentet fra egenvekten av denne delen settes lik krumningen fra svinnet. Fra der hvor de to krumningene er like, vil gulvet ligge plant an mot underlaget videre innover.

Usikkerheten ved slike beregninger er først og fremst knyttet til svinneforløpet i betongen. Hvis det er gitt, kan både kantreisningen og uttragerlengden beregnes som funksjon av tiden. Noen eksempler på slike beregninger for tre forskjellige gulvtykkelser er vist i prinsippkissene i Figur 3-6 og Figur 3-7.



Figur 3-6: Beregnet utvikling av kantreisning med tiden for forskjellige platetykkelser



Figur 3-7: Lengden som løfter seg knyttet til kurvene i Figur 3-6

Både maksimalverdiene og tidsforløpet vil variere forholdsvis mye med de valgene som gjøres. Det er derfor mest formen på kurven og innvirkningen av tykkelsen som en kan ta ut fra prinsippkissene. Over tid går kantreisningen tilbake igjen, men den vil ikke gå helt tilbake til null. Platen vil derfor også lett knekke i dette området dersom den blir utsatt for belastning.

Fra det stedet hvor gulvet er fastholdt mot krumning (fra der hvor det ligger an mot underlaget) og videre innover, vil momentet i plata være konstant. Dersom svinnet blir stort nok, vil det kunne danne seg bøyingsriss (fra toppen).

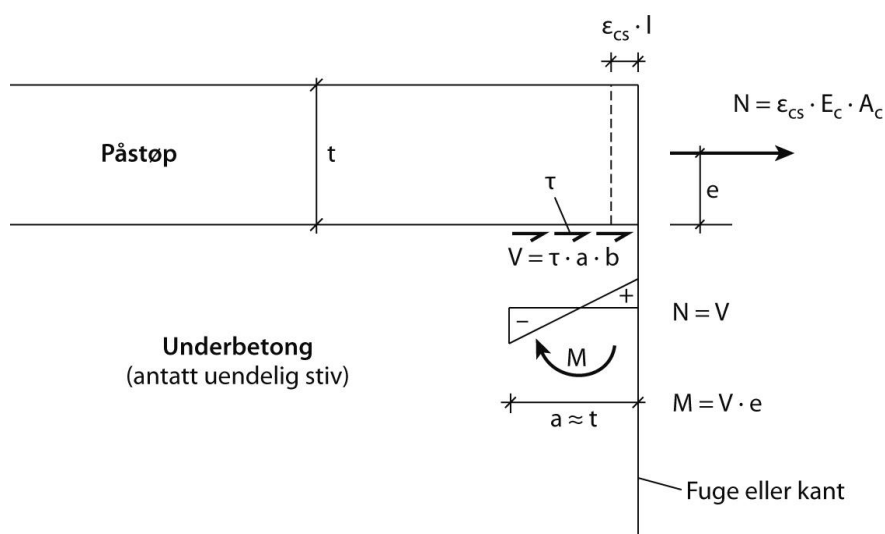
Med det svinnpotensialet mange av dagens gulvbetonger har, må det forventes slike bøyingsriss på grunn av kantreisning for betong som tørker ensidig ut. Gode herdetiltak vil forbedre overflatesjiktet

og forsinke uttørkingen, og sånn sett være gunstig. Avstanden mellom disse rissene vil først og fremst være styrt av lokale svakheter i betongen og eventuell samtidig lastvirkning på gulvet; spesielt fra punktlaster. I forhold til denne typen riss, er det først og fremst viktig med armering i overkant av gulvet.

3.4.6 Heft til underlaget

Forskjeller i svinnpotensiale og alder på betonglagene kan også gi heftbrudd eller "bom" mellom lagene. Dette problemet er størst for påstøper med heft når svinnet i påstøpen er stort i forhold til i underlaget. For tykke påstøper kan det bli bortimot umulig å unngå riss eller «bom» mellom lagene selv med optimal heft.

Når påstøp med heft forsøker å trekke seg sammen blir det skjær- og normalspenninger i overgangssjiktet mellom de to betongene over en viss lengde inn fra kanten, som vist i Figur 3-8.



Figur 3-8: Spenningstilstand ved etablering av samvirke mellom påstøp og underbetong

Disse spenningene forsøker å bygge opp en tøyningstilstand i påstøpen, som kompensasjon for svinnet. Avhengig av svinnpotensialet til påstøpen og graden av fastholding, vil det enten bli riss i påstøpen eller det kan bli "bom" ved at forankringssonen begynner å rakne bortetter gulvet.

Innføringslengden som trengs for å få etablert samvirke mellom betonglagene er avhengig av skjær- eller heftfastheten mellom lagene. Ved god heft og relativt liten svinnforskjell, kan denne lengden være i området 1-2 ganger tykkelsen til påstøpen. Ved dårlig heft og stor svinnforskjell vil den forsøke å bli større (3-5 ganger tykkelsen). I det siste tilfellet er det imidlertid fare for at glidningen mellom lagene ute ved kanten blir så stor at heftspenningen brytes helt ned og at påstøpen begynner å rakne fra kanten før det er etablert samvirke (ingen glidning) mellom de to lagene. Det er dette som gir "bom".

Det blir riss i påstøpen når strekkspenningen fra skjær- og momentvirkningen i forankringssonen overskrider betongens strekkfasthet. Spenningene forsøker å bygge seg opp på nytt fra risset. Forholdet blir tilsvarende som de en har ved kanter eller ved fuger. Forankringen ved riss får en

glidning når risset dannes tilsvarende halve rissvidden. Denne svekkelsen oppveies delvis av kraften i armeringen som krysser risset, dersom påstøpen er armert.

De fleste betonger som benyttes til påstøper med heft har et så stort svinnpotensiale at riss må forventes. For å unngå «bom», er det derfor viktig med god heft til underlaget. Innføringslengden blir dermed kort og rissviddene små.

Den beste løsningen for å få god heftfasthet til underlaget er vanligvis å lime påstøpen "vått i vått" med epoxylim. Det må imidlertid i forkant vurderes om dette kan ha andre uheldige virkninger (f.eks. fukttekniske).

Sement- og lateksbaserte heftforbindelser eller primere er mest benyttet; da med formålet å få en heftfasthet som er like god som strekkfastheten til den dårligste av de to betongene.

Mens epoxylim gir en limeeffekt allerede når den binder av, gir lateks og sementslurry først limvirkning når den tørker/herder. Heftfastheten kan kontrolleres ved direkte avtrekk av sylindereformede prøver i henhold til NS-EN 13892-8.

Ved samme svinnpotensiale i påstøpen og underlaget, øker i utgangspunktet risikoen for "bom" med tykkelsen på påstøpen. Limte påstøper tykkere enn 50-60 mm bør derfor armeres. Det bør helst være så mye armering at armeringen ikke flyter når påstøpen risser. Mindre armeringsmengder vil også være gunstig. Dette fordi den avlaster heftspenningen ved at en del av den kraften som utløses når påstøpen risser da blir tatt av armeringen.

På samme måte vil også fiberarmering være gunstig i forhold til bom for påstøper med heft. Fiberarmering er tidlig effektiv i forhold til rissvidden og har dermed bedre evne til å begrense rakningen til hver side for risset.

3.5 Fuktteori

3.5.1 Generelt

Fuktigheten i betong er blitt viet stor oppmerksomhet både fordi den endrer seg med tiden og omgivelsene og fordi den også påvirker andre materialers egenskaper. Fukten i seg selv er imidlertid ikke noe problem for betongen. Betong blir generelt sterkere jo mer vann den har tilgang til under herding.

Sement binder ca. 25 vekt-% vann kjemisk når den reagerer med vann. I tillegg bindes ca. 15 vekt-% fysisk i pastaens poresystem (gelvann). Mer vann enn det som tilsvarer masseforhold på 0,4 er derfor overskuddsvann ved full hydratasjon. Dette vannet samler seg i kapillærporer i betongen, og vil kunne tørke ut til omgivelsene under normale forhold.

For betong innendørs, kan det være et problem at betongen avgir mye vann og svinner når den tørker ut til ønsket inneklime (byggfukt). Hvis det forutsettes full hydratasjon og at alt vann i kapillærporene tørker ut, så utgjør det ca. 65 liter pr. m³ for en betong med masseforhold på 0,6, eller ca. 10 liter pr. m² for et 150 mm tykt gulv. Til sammenligning kan det nevnes at vannmettet luft (RF=100 %) inneholder ca. 18 gram vann pr. m³ ved en temperatur på 20 °C.

Det kan ikke være for mye fukt i en betong som det skal limes tett belegg på, som f.eks. vinyl, linoleum og gummi. Belegget kan løsne eller få buler og blærer hvis betongen er for fuktig. Dette skyldes vanligvis at limet "forsåpes" (går i oppløsning) og mister limeeffekten sin på grunn av det høye alkaliske nivået i vannet i betongen. Et "forsåpet" lim kan i noen tilfeller også avgi gasser som folk kan reagere på.

Fukttinnholdet til betong er avhengig av masseforholdet og vil dermed kunne variere ganske mye for en gitt RF verdi. En måling av bare fukttinnholdet sier derfor ikke så mye om materialets fukttilstand (RF) uten at en kjenner likevektskurven. Det er derfor nå stor enighet om at RF er den beste måten å betegne kravet til uttørking på. I NS 3420 er derfor nå kravet til fuktnivå i betongen før legging av belegg endret fra fukttinnhold i vekt-% til RF-verdier. Når betong er i fuktlikevekt med omgivelsene, er det samme RF i luften inne i betongen som i luften utenfor.

3.5.2 Krav til fukt i betonggulv

NS 3511 Tabell 2 gir krav til RF-nivå i betongen før legging av forskjellige typer belegg. Det generelle kravet er 90 % for åpne belegg og flytende akryl, epoxy og polyuretanbelegg og 85 % for tette belegg. Kravet på 85 % gjelder også for banebelegg på gulv med gulvvarme.

Leverandørens anvisning til krav til RF-nivå før belegg skal legges må følges.

3.5.3 RF-målinger i betong

Måling av RF ved hjelp av borehullmetoden er den mest vanlige måten å måle fukt i betonggulv på. Det er imidlertid knyttet ganske stor usikkerhet til metoden og da spesielt i forhold til temperaturavhengighet; både temperatur av sensor i forhold til betongtemperatur og betongtemperatur ved måling i forhold til brukstemperatur. I Sverige er det derfor utviklet et eget autorisasjonssystem for personer som skal utføre fuktmålinger i betong.

NS 3511 beskriver hvordan slike målinger skal gjøres og hvilke korreksjoner av måleverdiene som er nødvendige.

3.5.4 Estimering av tørketid

Det finnes både forskjellige beregningsprogram og tabellverk som estimerer tørketid ned til en gitt RF for betonggulv. Alle disse metodene er imidlertid forbundet med stor usikkerhet. Dette skyldes både at det må gjøres en del valg/forutsetninger som kan påvirke resultatet ganske mye, og at mye av grunnlaget er basert på svenske sementtyper som oppfører seg noe forskjellig fra norske. Det er derfor behov for mer forskning på norske betonger innenfor dette området.

Slik situasjonen er i dag, kan foreliggende verktøyet derfor bare benyttes til å gjøre et grovt estimat over nødvendig tørketid.

Hvis betongen ikke er selvuttørkende og det er et eksakt krav til RF i gulvet før legging av belegg, skal alltid RF i gulvet måles i henhold til NS 3511.

Ved bruk av selvuttørkende betong, der selvuttørkende egenskaper er dokumentert i henhold til prosedyren i vedlegg B, kan det legges belegg etter kort tid, forutsatt at produktene tåler det høye RF-nivået i en viss periode.

På grunn av unøyaktigheten i dagens uttørkingstabeller er disse ikke tatt med i denne publikasjonen. Det er imidlertid forventet at de vil bli forbedret innen kort tid. Det henvises derfor til Byggforskserien Byggdetaljer, blad 474.533, som inneholder de mest aktuelle tabellene. Det kan nevnes at et 100 mm tykt betonggulv med M60 under gode tørkeforhold (+20 °C og RF = 60 %) trenger ca. 5 måneder før det har en RF lavere enn 85 %, forutsatt ensidig uttørking.

3.6 Gulvklasser

Gulvklassene i denne publikasjonen er ment som et virkemiddel til å få prosjekterende, utførende og byggherrer til å tenke gjennom hvilke gulv de ønsker før de ser sluttresultatet.

Det er definert fire gulvklasser som vist i Tabell 3-5 med krav til begrensede rissvidder, svinnpotensiale, armeringsmengde, tykkelse, bestandighetsklasse og herdeklasse.

Kravene i tabellen forutsetter generelt:

- Flytende gulv
- Friksjonskoeffisient (μ) mellom betong og underlag på 0,5 for Gulvklasse I og II (det vil si 2 lag PE-plast), og 1 lag PE-plast for Gulvklasse III (se Tabell 4-2)

Rissviddene i tabellen er beregningsmessige rissvidder etter uttrykket i kapittel 4.2.1 som er basert på forholdene ved armeringen. Den beregnede rissvidden kan derfor betraktes som rissvidden i høyde med og litt til side for armeringen (på grunn av lokale forstyrrelser helt inne ved armeringen). Spesielt for tverrsnitt med tøyingsgradient vil derfor den beregnede rissvidden kunne avvike noe fra rissvidden ved armeringen. For gulv er imidlertid denne forskjellen forventet å ikke være større enn at den kan betraktes som en del av den generelle spredningen på rissviddene. Kravene til beregningsmessige rissvidder i Tabell 3.5 kan derfor antas å være gyldige også for rissviddene på overflaten. Den beregnede verdien er imidlertid et uttrykk for middelveidien og den virkelige rissvidden vil derfor kunne avvike noe fra denne. Det er likevel forventet at de fleste rissene på overflaten vil være mindre enn de beregnede etter denne modellen.

For gulv som skal tilfredsstillende bestemme bestandighetskrav (for eksempel i forhold til korrosjon på armeringen), er det imidlertid i henhold til NS-EN 1992-1-1 et krav til karakteristisk rissvidde. I slike tilfeller anbefales det å følge beregninggangen i denne standarden i sin helhet hvis en ikke får tillatelse fra byggherren til å regne etter denne publikasjonen. Det er nemlig slik at et gulv vanligvis ikke har nok deformasjonspotensiale til å komme i en slik tilstand som rissberegningene i NS-EN 1992-1-1 forutsetter. Et bedre alternativ kan derfor være å bare legge en faktor på den beregnede rissvidden for enkeltriss i henhold til kapittel 4.2.1. En fornuftig antakelse kan da være å sette karakteristisk rissvidde lik den beregnede midlere verdien dividert med 1,25.

Tabell 3-5: Gulvklasser ved prosjektering og utførelse av flytende gulv

Gulvklasse	I	II	III	IV ¹⁾
Rissvidde (mm)	≤ 0,3 ²⁾	≤ 0,5	≤ 1,0	-
SvinnREF (‰)	≤ 0,55	≤ 0,55	≤ 0,75	-
Armeringsmengde ³⁾	3x $A_{s,min}$	2x $A_{s,min}$	1x $A_{s,min}$	-
Minimumtykkelser (mm) for enkelt/dobbeltarmert gulv	100 /150	100,120 ⁴⁾ /150	100 /150	100
Bestandighetsklasse	M40/MF40	M40/MF40-M60	M40/MF40-M60	-
Herdeklasse	4	4	3	-

- 1) Kun krav til minimumstykkelse på 100 mm
- 2) Estetisk krav, tilfredsstillende normalt også bestandighetskrav i henhold til NS-EN 1992-1-1
- 3) Armering i overkant. Ved punktlaster vil det i tillegg være behov for armering i underkant
- 4) 120 mm gjelder for M45/MF45 og M60 betong

Dersom gulvet er fastholdt gjelder kravet til armering for Gulvklasse I og II i Tabell 2-1 både for over- og underkant av gulvet (total armeringsmengde blir da $6x A_{s,min}$ og $4x A_{s,min}$ for de to klassene). $6x A_{s,min}$ er ikke praktisk oppnåelig ved bruk av standardiserte prefabrikkerte nett. For et 100 mm gulv i B35 M40 kvalitet må det legges $\varnothing 12$ c/c 110 mm (begge veier) for å tilfredsstille dette kravet. Dette tilsvarer en armeringsmengde på 160 kg/m^3 .

Gulvklasse I er ment for gulv med spesielt strenge krav til rissvidder og estetikk. Slipte gulv bør utføres i Gulvklasse I, men kan også utføres i Gulvklasse II sammen med egnet overflatebehandling. Industriegulv bør normalt utføres i Gulvklasse II. Gulvklasse III er for mer vanlige gulv.

I Gulvklasse IV er det ikke noe annet krav enn at det skal være et betongunderlag på minimum 100 mm, der antall riss og rissvidder ikke betyr noe.

I kapitlene 3.6.1 til 0 til er det utdypende forklaringer til kravene gulvklasetabellen.

3.6.1 Krav til beregningsmessig rissvidde i Gulvklasse I

Kravet til maksimal beregningsmessig rissvidde i Gulvklasse I er 0,3 mm. Det er imidlertid mulig å lage flytende gulv helt uten synlige riss dersom det brukes:

- Gulvklasse I og selvuttørkende betong og der uttørking i betongoverflaten hindres ved å legge herdeplastbelegg med s_d -verdi $\geq 5\text{m}$ umiddelbart etter at herdetiltakene er avsluttet eller
- Gulvklasse I og legges $6x A_{s,min}$ som topparmering. Armeringen vil da være i stand til å fordele rissene med så små rissvidder at de er vanskelige å se

Etteroppspente gulv vil også være en aktuell metode for gulv uten synlige riss.

3.6.2 Krav til maksimalt totalt svinn

I Gulvklasse I og II er det krav til et totalt svinn målt etter 1 år ($S_{\text{vinn,REF}}$), som er summen av autogent svinn og uttørkingssvinn, på maksimalt 0,55 ‰, noe som en typisk vil kunne oppnå med en M40/MF40-betong, eller en M45/MF45 og M60-betong med svinnreducerende tilsetningsstoff (SRA). M60-betong uten SRA vil typisk tilfredsstille kravet på 0,75 ‰ for Gulvklasse III.

En betongsammensetnings totale svinn kan dokumenteres i henhold til prosedyre i vedlegg A.

Dersom dokumentasjon i henhold til vedlegg A ikke foreligger kan pre-aksepterte løsninger i henhold til Tabell 3-8 benyttes.

De sementtypene i det norske markedet som ikke er plassert i en sementgruppe i tabellen mangler tilstrekkelig dokumentasjon. Ved bruk av disse sementtypene i gulv som skal tilfredsstille kravene i Gulvklasse I, II og III må totalt svinn dokumenteres i henhold til prosedyren i vedlegg A.

I forhold til uttørkingssvinn er det generelt gunstig med tykkere gulv. Se tabell 3.3 i NS-EN 1992-1-1.

3.6.3 Krav til armering

Med $A_{s,\text{min}}$ menes $A_{s,\text{min}}$ i henhold til NS-EN 1992-1-1 punkt 9.2.1.1, hvor den effektive høyden d erstattes med hele tykkelsen til gulvet.

Overkantarmoring bør legges høyest mulig i gulvet for å få best rissfordelende effekt. Overdekningen skal være minst lik stangdiameteren, og ikke mindre enn 10 mm for å sikre kraftoverførende egenskaper, men miljøhensyn tilsier som regel større overdekning.

Gulv med punktlaster skal dimensjoneres. Behovet for armering vurderes ut fra opptredende spenning i urisset tilstand i henhold til 4.2.2.

Gulv i Gulvklasse I kan ikke utføres med fiberarmoring alene, men krever enten bruk av kamstenger alene, eller en kombinasjon av kamstenger og fiber.

Større gulv i Gulvklasse II bør også armeres med stenger, eventuelt i kombinasjon med fiber, mens mindre gulv i denne klassen kan armeres med kun fiber. Det forutsettes imidlertid da at den valgte fibermengden er høy nok til å kontrollere rissvidden når gulvet risser for moment, samtidig som den også skal kunne trekke gulvet mot midten. Tilstrekkelig fibermengde kan bestemmes etter reglene gitt i kapittel 4.3. For gulv som kun er fiberarmert, er det vanskelig å få til en fordelt opprissing av gulvet uten at rissdannelsen i det vesentligste er styrt av egespenninger fra svinn og momentvirkning fra kantroising.

I Gulvklasse III kan også større gulv kun fiberarmeres, forutsatt fibermengder som tilfredsstiller kriteriene i Gulvklasse II som kun fiberarmeres.

For flytende gulv skal det legges inn tilleggsarmoring ved diskontinuiteter i geometri og ved utsparinger (rundt søyler, sluker, hjørner etc.), for eksempel 2-4 stk. $\varnothing 12-16$ c/c 100 mm, avhengig av krav til rissvidde. Se detaljer i kapittel 5.2.7.

3.6.4 Krav til minimumtykkelse

Generelt bestemmes gulvtykkelsen av dimensjoneringsprinsippene i kapittel 4 og da spesielt kapittel 4.2.

Minimumstykkelse for dobbeltarmerte gulv skal ikke være tynnere enn 150 mm, og også da kreves det normalt spesielle tiltak for å få plass til armeringen.

For enkeltarmerte tverrsnitt er minstetykkelse på 100 mm for alle klassene. I Gulvklasse II er den 120 mm for gulv i M45/MF45 og M60 betong på grunn av størrelsen på uttørkingssvinn og faren for kantroising.

For tynnere gulv er det gitt forslag til utførelse i kapittel 5.2.3 og 5.2.4.

3.6.5 Krav til bestandighetsklasse

Normalt relateres krav til bestandighetsklasse til prosjektert eksponeringsklasse. For Gulvklasse I er kravet til bestandighetsklasse M40/MF40 styrt av ønske om spesielt lavt uttørkingssvinn for å begrense kantroising mest mulig.

3.6.6 Krav til herdetiltak

I Gulvklasse I og II forutsettes det Herdeklasse 4, i Gulvklasse III forutsettes det Herdeklasse 3. Herdeklassene er angitt i NS-EN 13670. I kapittel 6.5.3 vises veiledende minste periode med herdetiltak for ulike betongtyper og betongoverflatetemperaturer.

Tildekking med plast umiddelbart etter avtrekk er den mest effektive beskyttelsen mot fordamping fra den ferske betongoverflaten, men dette er ofte vanskelig å få til i praksis. I normalsituasjonen anbefales derfor bruk av egnet herdemembran, avhengig av betongens masseforhold og fordampingsforhold som vist i Tabell 6-3.

3.7 Betongproporsjonering og -egenskaper

3.7.1 Innledning

For gulv der det stilles krav til betongoverflaten (Gulvklasse I til III) må betongen proporsjoneres med lavt nok svinn og med god nok fersk stabilitet. For gulv innendørs der det skal legges parkett eller limes belegget og det stilles krav til byggfukt, vil også betongens fuktutvikling kunne styre valg av betongsammensetning.

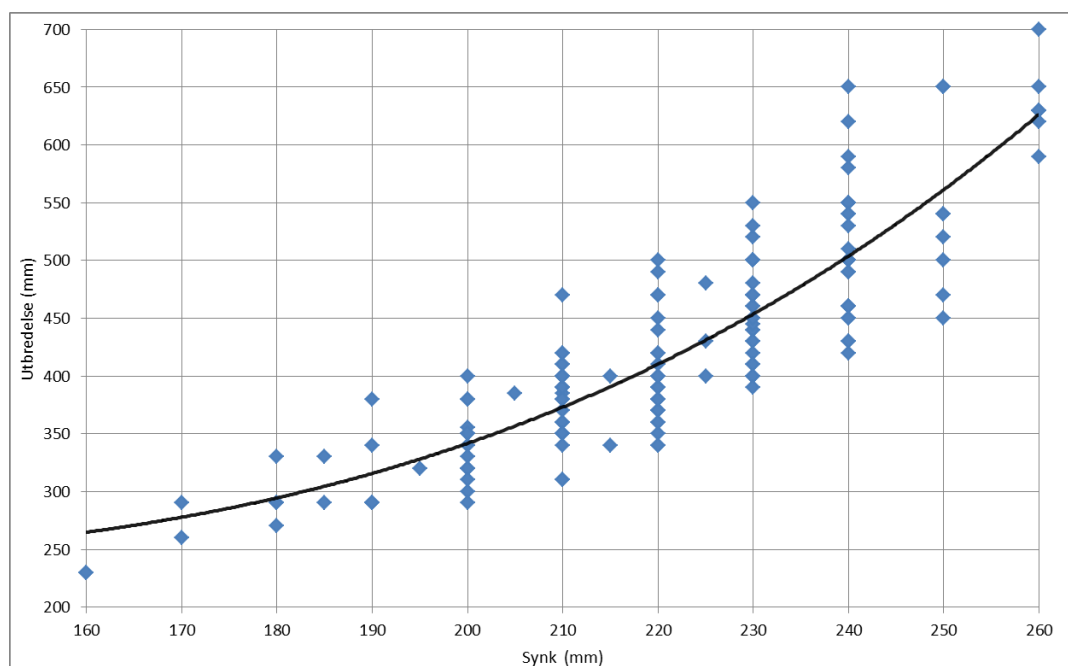
3.7.2 Betongproporsjonering

Betong med ulike delmaterialer og proporsjonering kan ha ulik støpelighet selv om synkmålet er likt. Det bør derfor også måles utbredelse av betongkaken når det måles synk. Typisk forhold mellom synk og utbredelse vises i Tabell 3-6.

Tabell 3-6: Typisk forhold mellom synk og utbredelse

Synk (mm)	180	190	200	210	220
Utbredelse (mm)	300	320	340	370	410

Forholdet mellom synk og utbredelse vil kunne variere en del avhengig av delmaterialer og betongsammensetning, som vist i Figur 3-9. Datasettet i figuren inneholder ca. 170 målinger fra ordinær produktkontroll for 18 ferdigbetongfabrikker over en viss periode.



Figur 3-9: Variasjon på forholdet mellom synk og utbredelse

Gulvbetong i dag har ofte så høy konsistens at den separer noe. Toppsjiktet får dermed en anrikelse av finstoff med meget høyt svinnpotensiale og faren for skader øker (se beskrivelse av skadetyper i kapittel 7.3). En M60-betong separerer normalt mer ved en gitt synk enn en M40-betong. Det anbefales derfor å redusere konsistensen med økende masseforhold. En M60-betong er normalt mindre tung å jobbe med (lavere viskositet) enn en M40-betong, en vil dermed oppnå lik støpelighet med en lavere synk. For vibrerbar betong som er proporsjonert med naturlig gradert 0/8 sand anbefales det derfor maksimale tilsiktede konsistensnivåer i henhold til Tabell 3-7.

Tabell 3-7: Anbefalt maksimalt tilsiktet konsistens for ulike bestandighetsklasser

Konsistenstype	M60	M45/MF45	M40/MF40
Synk, vibrerbar betong (mm)	210	220	220

Gulvbetong som skal stålglattes bør ikke tilsettes luftinnførende stoff slik at betongens luftinnhold overstiger 3,0 % på grunn av fare for delaminering (se kapittel 7.3.6). Det frarådes derfor at betong i bestandighetsklassene MF45 og MF40 stålglattes.

I de tilfeller der det stilles krav til betongoverflaten i henhold til gulvklassene, må betongens bindemiddelmengde begrenses slik at betongens totale svinn ikke blir for høyt. Reduserte resepter (betongsammensetninger med for eksempel 25 % eller 50 % steinreduksjon), som vil kreve høyere

bindemiddelmengde, bør derfor generelt unngås. For mange tilfeller i Gulvklasse I og II, vil dette være en nødvendighet.

3.7.3 Dokumentasjon av betongsammensetningens totale svinn

Prosedyre for å bestemme totalt svinn i herdet betong etter 1 år, kalt betongens referansesvinn (S_{vinnREF}), er beskrevet i vedlegg A.

Når S_{vinnREF} er bestemt for en betongsammensetning, kan avvikende betongsammensetninger anses dokumentert med likt S_{vinnREF} så lenge betongsammensetningene endres i følgende retning:

- lik eller lavere vannmengde
- lik eller bedre sementgruppe (sementgruppe I er best, se Tabell 3-8)
- hvis bruk av SRA, lik eller høyere SRA dosering

Dersom dokumentasjon i henhold til prosedyren i vedlegg A ikke foreligger, kan pre-aksepterte løsninger i henhold til Tabell 3-8 benyttes. Tabellen angir maksimale effektive vannmengder for å tilfredsstille kravet til totalt svinn i Gulvklasse I, II og III. De sementtypene i det norske markedet som ikke er plassert i en sementgruppe mangler tilstrekkelig dokumentasjon. For disse sementtypene skal prosedyren i vedlegg A følges.

Tabell 3-8: Pre-aksepterte bindemiddelløsninger som tilfredsstiller kravet til totalt svinn på maksimalt 0,55 % i Gulvklasse I og II og 0,75 % i Gulvklasse III

Sement-Gruppe	Sementtyper	Gulvklasse I og II		Gulvklasse III
		Ordinær betong	Min.1,5 % SRA	Ordinær betong
		Maksimal effektiv vannmengde (l/m ³)		
I	Norcem ANL-FA Aalborg Hvit	180	190	209
II	Norcem STD-FA Cemex Miljø	160	175	202
III	Norcem IND	140 ¹⁾	158	193

1) Lavere effektiv vannmengde enn det som typisk er mulig

3.7.4 Dokumentasjon av betongsammensetningens selvuttørking

Publikasjonen definerer selvuttørkingseffekten ved måling av relativ fuktighet ≤ 85 % etter 1 år og/eller ≤ 80 % etter 2 år i henhold til prosedyren i vedlegg B. Når selvuttørkingseffekten er dokumentert for en betongsammensetning, kan betongsammensetninger med lavere masseforhold anses dokumentert så lenge bindemiddeltypen er lik. Endres bindemiddeltypen, med en annen sement eller at forholdet mellom sement og flygeaske endres, må denne betongsammensetningen også dokumenteres.

3.7.5 Trykk- og strekkfasthet

Krav til spesielt høy trykkfasthet er vanligvis bare viktig for gulv hvor det skal kjøres med trucker og jekketraller med harde hjul og der hvor det skal benyttes utstyr med spesielt stor slitasje, f.eks. beltevogner. Trykket rett under stålhjul kan bli ganske stort. Se mer om vurderinger og tiltak for å forbedre gulvets trykkfasthet og slitestyrke i kapittel 3.2.4.

For å unngå riss, er det strekkfastheten til betongen som er viktigst. Høyere trykkfasthet gir som oftest også høyere strekkfasthet. Høyere strekkfasthet trenger imidlertid ikke å være noen fordel hvis gulvet holdes fast. Det vil da bli riss uansett betongkvalitet. Siden kraften når gulvet risser øker med fastheten, vil også rissvidden bli større for en gitt armeringsmengde.

Dersom riss aksepteres, og en ønsker lite kanteising, kan det være aktuelt å velge en betong med tilstrekkelig trykkfasthet og så lav strekkfasthet som mulig (trykkfasthet i område 10 MPa og strekkfasthet rundt 0,5 MPa). Dette vil imidlertid typisk være en betongsammensetning med så høyt masseforhold at den ikke vil være i henhold til NS-EN 206+NA. Et slikt gulv som er armert kan forventes å få mange riss med små rissvidder. Dette vil være godt nok for innendørs gulv med bare persontrafikk som det skal legges parkett eller belegg på.

Andre egenskaper som henger sammen med fasthet er støvfrihet og tetthet, se kapitlene 3.2.6 og 3.2.7.

4 Dimensjonering

4.1 Innledning

Dette kapitlet er først og fremst relatert til gulv på grunn.

Denne publikasjonen legger opp til at gulv først og fremst skal prosjekteres ut fra funksjonskrav. Det er derfor viktig at disse kravene er tilstrekkelig spesifisert før arbeidet starter. Normalt er det byggherren som skal gi disse opplysningene. Det er likevel den prosjekterende som kan gulv og vet best hva som trengs av opplysninger for å kunne prosjektere gulvet. Det svikter ofte på dette området. For at det skal bli bedre, må antakelig den prosjekterende ta et større ansvar i forhold til å fremskaffe de nødvendige opplysningene. For viktige gulv i Gulvklasse I og II bør det derfor være et avklaringsmøte mellom byggherre, prosjekterende og entreprenør før prosjekteringen starter. Hensikten med møtet vil være å avklare hvilke krav som gjelder for gulvet og hvilke laster det skal dimensjoneres for.

For gulv på grunn og påstøper, er i mange tilfeller tiltak for å få til mest mulig fuge- og rissfrie gulv viktigere enn kravet til kapasitet. Prosjekteringen av slike gulv vil derfor stort sett foregå i bruksgrensetilstanden.

Bruddgrensetilstanden kan derfor bli ganske sekundær for gulv på grunn. Det eneste lasttilfellet hvor denne tilstanden er spesielt viktig er for punktlaster, og da både i forhold til moment- og skjærkapasitet. En overskridelse av momentkapasiteten fører imidlertid normalt bare til at det blir noen riss rundt lasten i overkant og at gulvet mister noe av sin planhet. For skjær, derimot, kan det bli en fordypning, som er en alvorlig hendelse også for et gulv på grunn. For punktlaster skal derfor skjærkapasiteten til gulv primært kontrolleres i bruddgrensetilstanden i henhold til NS-EN 1992-1-1.

Den tradisjonelle kontrollen for moment for punktlaster, er basert på en ganske spesiell form for plastisitetsteori. Gulvets kapasitet for positivt moment (strekk i underkant) settes lik armeringens plastiske momentkapasitet, mens den for det negative momentet (strekk i overkant) settes lik betongens rissmoment. Denne forutsetningen kan diskuteres, da risset i overkant ikke kan forventes å komme samtidig rundt hele lasten. Og når det er blitt riss et sted, så er kapasiteten borte på dette stedet. For at en skal kunne regne mer sikkert etter denne teorien, bør derfor gulvet være dobbeltarmert.

Det er likevel tatt med noen tradisjonelle formler og diagrammer for dimensjonering etter plastisitetsteori i dette kapitlet, da det er slik gulv på grunn tradisjonelt har vært dimensjonert. En slik dimensjonering sier imidlertid ikke noe om rissvidder og setninger i gulvet.

Noen vanlige lastforutsetninger for dimensjonering av gulv er beskrevet i kapittel 3.1.4.

Dimensjoneringen i bruksgrensetilstanden i dette kapitlet baserer seg på forenklete formler og uttrykk som ble utviklet før elementmetoden ble tatt i bruk. De er likevel nøyaktige nok til dette formålet og kan enkelt legges inn i regneark. Det er selvsagt likevel ikke noe i veien for å benytte både lineære og ikke-lineære elementprogrammer til slike beregninger.

4.2 Bruksgrensetilstanden

I bruksgrensetilstanden settes lastfaktorer (γ_F) og materialfaktorer (γ_M) lik 1,0.

Det blir riss i betong når strekkfastheten til betongen overskrides og som oftest er det bare en del av strekkfastheten igjen til å ta lasten. Spesielt gjelder det for overkant av gulvet hvor det kan bli store strekkspenninger dersom svinnet er større der enn i resten av tverrsnittet.

En vurdering av den resterende strekkfastheten blir fort ganske komplisert. Det foreslås derfor at denne verdien bare estimeres skjønsmessig for topp og bunn av gulvet. Aktuelle verdier er vist for et par typiske gulvbetonger i Tabell 4.1 hvor midlere strekkfasthet tilsvarer sentrisk strekkfasthet i henhold til NS-EN 1992-1-1. Det er imidlertid ikke tillatt med noen økning av verdiene utover de for B35. Strekkfastheten i bunnen er satt litt høyere enn denne middel/referanse-verdien, mens verdien i toppen er satt til halvparten av verdien i bunnen. På grunn av den generelle usikkerheten rundt strekkfastheten er det bare delvis tatt hensyn til effekten av spenningsgradienter.

Disse verdiene benyttes til å vurdere nødvendig tykkelse av gulvet. En slik beregning er først og fremst aktuelt for gulv med store punktlaster. Det kan da innvendes at det har lite for seg når det knytter seg så stor usikkerhet til verdiene. I forhold til tykkelsen er det verdien i underkant som er viktigst og den følger stort sett betongkvaliteten. De foreslåtte verdiene anses derfor for å være tilstrekkelig nøyaktige for dette formålet.

Kravet til minimumsarmering kan basere seg på midlere sentrisk strekkfasthet i henhold til uttrykket: $A_s \geq 0,26A_c f_{ctm}/f_{yk}$ hvor A_c er et tverrsnitt av gulvet, f_{ctm} er midlere strekkfasthet av betongen, og f_{yk} er karakteristisk flytespenning for armeringen.

Tabell 4-1: Beregningsmessige strekkfastheter i topp og bunn av gulvet ved bøyningspåkjenning (for eksempel fra punktlaster)

Betong	Strekkfastheter (MPa)		
	$f_{ct-middel}$	$f_{ct-topp}$	$f_{ct-bunn}$
B30 M60	2,9	1,5	3,0
B35/B45 M40	3,8	2,0	4,0

Ved store bruddkonsekvenser er det aktuelt å redusere topp- og bunnverdiene med 25 %.

I spesielle tilfeller kan det også være aktuelt å ta hensyn til gjentatte belastninger i vurderingen av nødvendig dekketykkelse. Det er først og fremst de store gjentatte belastningene som påvirker strekkfastheten, og det er mest aktuelt for gulv hvor det kjøres med tungt utstyr. I slike tilfeller må det imidlertid nesten uansett forventes en del riss, og den gjentatte belastningen fører da eventuelt bare til at rissene kommer tidligere og at det blir noe tettere mellom rissene. For gulv med en fornuftig valgt tykkelse og armering er det normalt ikke noe problem. Dersom en likevel vil forsøke å øke tykkelsen litt for å begrense rissdannelsen, kan det for eksempel benyttes en reduksjonsfaktor på 1,2 på de tillatte spenningene.

4.2.1 Riss og rissvidder

For at armeringen skal kunne kontrollere rissvidden til et riss i et gulv, må det i utgangspunktet være så mye armering at den ikke flyter for den lastvirkningen som er årsak til risset. Det er derfor stor forskjell på hvor mye armering som trengs for å kontrollere et riss i et gulv som er fastholdt i forhold til et som er flytende. For gulv som er fastholdt, trengs det opp til $4-6x A_{s,min}$. For frie gulv, vil det være friksjonen mot underlaget som bestemmer fastholdingsgraden aksielt. Riss i slike gulv vil også i stor grad være initiert fra momentvirkning fra kantreising. I denne situasjonen trenger en derfor en armeringsmengde på rundt $2xA_{s,min}$ for å kontrollere rissene.

Betonggulv vil normalt risse på grunn av svinn og temperaturvirkninger dersom det enten er holdt fast eller får kantreising fra svinngradienter. Tøyningsevnen til betong før den risser kan antas å være et sted mellom 0,1 og 0,2 ‰, avhengig av kryp. Svinnpotensialet til gulvbetonger ligger typisk fra 0,5 til 1,0 ‰. Dette betyr at det er vanskelig å unngå riss i fastholdte gulv.

Armeringsmengden i gulv er vanligvis også for liten til at det vil bli et fordelt rissmønster. Rissene opptrer derfor som oftest som enkeltriss, hvor armeringen enten flyter eller har flytt for et fastholdt gulv. For et flytende gulv, kan derimot spenningen i armeringen ved risset være lavere enn flytespenningen dersom risset først og fremst er initiert fra momentvirkning og det er blitt lagt inn tilstrekkelig med armering til å kunne kontrollere denne tilstanden.

Rissvidden til enkeltriss kan beregnes som:

$$w = 2 l_b (1-\beta_1)(\sigma_{s2}/E_s - \epsilon_{cs})$$

hvor:

l_b – er forankringslengden til hver side for risset, som kan beregnes i henhold til NS-EN 1992-1-1 punkt 8.4.2 – 8.4.4. For $\tau=1,8 f_{tm}$, blir l_b lik $\sigma_{s2} \cdot \emptyset / (7,2 \cdot f_{tm})$.

$\beta_1 = 0,6$

σ_{s2} – er spenningen i armeringen etter at gulvet har risset

$E_s = 200\,000$ MPa

ϵ_{cs} – videre svinnutvikling etter at det ble riss, hvor svinnet er negativt

Dersom β_1 settes til 0,5 i stedet for 0,6, kan beregningen forenkles til:

$$w = l_b (\sigma_{s2}/E_s)$$

Det betyr at det ikke er regnet med noen "tension stiffening" effekt (strekk i betongen) i forankringssonen. Svinnet er imidlertid også utelatt i disse beregningene, og en kan tenke seg at disse to effektene til en viss grad oppveier hverandre. Denne forenklingen er derfor helt grei for gulv.

I et fastholdt gulv, kan spenningen σ_{s2} i armeringen etter at tverrsnittet har risset bestemmes som $0,8 \cdot A_c \cdot f_{tm} / A_s$, hvor 0,8 er en faktor som tar hensyn til at det er en spenningsvariasjon over tverrsnittet når det risser.

En forutsetning for å kunne knytte denne kraften til en rissvidde er imidlertid at armeringen ikke flyter. For et fastholdt gulv trengs det da $4-6x A_{s,min}$ for plater.

En del retningslinjer benytter en spesielt høy strekkfasthet ($f_{ctk,0,95}$) som utgangspunkt for rissberegninger /1/, men på grunn av samtidig opptredende egenspenninger fra svinn og momentvirkning fra kantreising bør det være greit å benytte f_{ctm} for gulv. Dette er også i tråd med NS-EN 1992-1-1. På grunn av de nevnte effektene, er denne verdien ytterligere redusert med en faktor 0,8 i beregningen av σ_{s2} for fastholdte gulv i denne publikasjonen.

For et fastholdt gulv kan denne betraktningmåten gi litt for store rissvidder fordi den ikke tar hensyn til at strekk-kraften går noe ned når risset dannes. For at det skal bli nye riss, må imidlertid kraften bygge seg opp igjen til risslasten.

De samme prinsippene gjelder også for beregninger av rissvidder i frie gulv. Det vil da være friksjonen mot underlaget som bestemmer strekk-kraften i gulvet og den vil være størst midt på gulvet. I slike gulv er det imidlertid som oftest en kombinasjon av strekk-kraften, egenspenninger fra svinn og momentvirkning fra kantreising som utløser risset. Armeringen trenger derfor ikke å flyte i dette tilfellet selv om det bare er benyttet minimumsarmering for plater i gulvet. Det er imidlertid vanskelig å regne på denne situasjonen. Vi anbefaler derfor at det legges inn en armeringsmengde som tilsvarer $2x_{A_{s,min}}$ i overkant av gulvet hvis en ønsker å ha kontroll på rissvidden i slike gulv.

I forhold til virkningen av friksjon fra underlaget, må det også tas hensyn til last på gulvet. En oversikt over vanlige antatte friksjonskoeffisienter mellom betong og forskjellige typer underlag er vist i Tabell 4-2. Verdiene i tabellen må sees på som veiledende.

Tabell 4-2: Antatte friksjonskoeffisienter mellom betong og forskjellige underlag /5/

Underlag	Friksjonskoeffisient (μ)
Dårlig avrettet underlag	> 2,0
Avrettet komprimert puk/singel	1,3 – 1,6
Avrettet betong	1,2 – 1,5
Isolasjon	1,0
Avrettet sand	0,9
PE-plast på sand	0,7
To lag PE-plast på sand	0,5

Den beregnede rissvidden er basert på forholdene ved armeringen. For gulv er en imidlertid som oftest mest interessert i rissvidden på overflaten. Rissvidden vil også variere ganske mye over tverrsnittet avhengig av avstanden mellom stengene og plasseringen av armeringen og om det er en ren aksialkraft eller en kombinasjon av aksialkraft og moment som virker i risset. For å ta hensyn til dette på en forholdsvis enkel måte, kan en benytte den midlere strekkfastheten som et brukbart estimat for både strekk- og heftfasthet i beregningene av σ_{s2} og l_b .

4.2.2 Punktlaster

4.2.2.1 Maksimalspenninger

Det er her vist noen uttrykk for maksimalspenninger ved punktlaster under forutsetning av at betongen oppfører seg lineært elastisk. Dette er uttrykk som er nyttige i forhold til å vurdere tykkelsen på gulv i forhold til at de ikke skal få for mye riss. Det gis ikke noen særlig bakgrunn for disse uttrykkene, da den er forholdsvis lett tilgjengelig i en rekke bøker og tidligere veiledninger /5/, /7/.

Punktlaster har som oftest en viss utbredelse, og i denne beregningen gjøres lastflaten om til en sirkulær flate med tilsvarende areal. Feilen en gjør ved denne tilnærmelsen er liten, og til sikker side.

De uttrykkene som vanligvis benyttes til å bestemme spenninger i gulv fra punktlaster, ble i sin tid utviklet av Westergaard og er basert på vanlig elastisitetsteori /8/.

Maksimalspenningen rett under lasten for inner- og punktlast og et stykke inn forbi lasten i overkant av gulvet for hjørnelast, kan i henhold til Westergaard skrives som:

Last inne på gulvet:

$$\sigma_{max} = 0,275(1 + \nu) \frac{P}{t^2} \cdot \log \left(\frac{0,36Et^3}{ka^4} \right)$$

Ved kant:

$$\sigma_{max} = 0,529(1 + 0,54\nu) \frac{P}{t^2} \cdot \log \left(\frac{0,20Et^3}{ka^4} \right)$$

I hjørner:

$$\sigma_{max} = \frac{3P}{t^2} \left\{ 1 - \left(\frac{\sqrt{2} a}{\left(\frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \right)^{0,25}} \right)^{0,6} \right\}$$

hvor:

P – er opptredende last (N)

ν – tverrkontraksjonen, som for betong kan settes til 0,2

t – tykkelsen til gulvet (mm)

E – betongens elastisitetsmodul (N/mm²), for punktlaster korttids E-modul

a – radius til den ekvivalente sirkulære lastflaten (mm)

Avhengig av lastflaten bestemmes a som:

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{1,6r^2 + t^2} - 0,675 \cdot t & \text{for } r < 1,724 t \\ a &= r & \text{for } r \geq 1,724 t \end{aligned}$$

hvor:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}, \text{ og hvor } A \text{ er arealet til lastflaten.}$$

Gulvets elastiske stivhet kan uttrykkes som:

$$D = \frac{Eh^3}{12 \cdot (1-\nu^2)}$$

Ved å innføre den såkalte "elastiske lengden" for gulvet, som er definert som:

$$l_e = \sqrt[4]{\frac{D}{k}}$$

hvor:

k – er grunnens stivhet (N/mm³), se typiske verdier i Tabell 3-3.

og ved å sette $\nu = 0.2$, kan uttrykkene for σ_{max} forenkles til:

$$\text{Last inne på gulvet: } \sigma_{max} = 1,32 \frac{P}{t^2} \cdot \log \left(1,43 \frac{l_e}{a} \right)$$

$$\text{Last ved kant: } \sigma_{max} = 2,34 \frac{P}{t^2} \cdot \log \left(1,23 \frac{l_e}{a} \right)$$

$$\text{Hjørnelast: } \sigma_{max} = 3 \frac{P}{t^2} \cdot \left(1 - 1,23 \left(\frac{a}{l_e} \right)^{0,6} \right)$$

Sammenlignet med forsøk og numeriske beregninger har spesielt uttrykket for hjørnelast vist seg å gi noe for lave spenninger. Det foreslås derfor at faktoren 1,23 sløyfes i dette uttrykket. Hjørnelast gir strekk i overkant av gulvet og spenningen er størst i en avstand ca. $2 \cdot \sqrt{\sqrt{2} a l_e}$ fra hjørnet (langs diagonalen).

Disse uttrykkene gir best overensstemmelse med virkelig oppførsel for relativt små a/l forhold ($a/l < 0,2$). Spesielt for hjørnelast er dette åpenbart når a/l blir stor.

4.2.2.2 Momentverdier for punktlaster

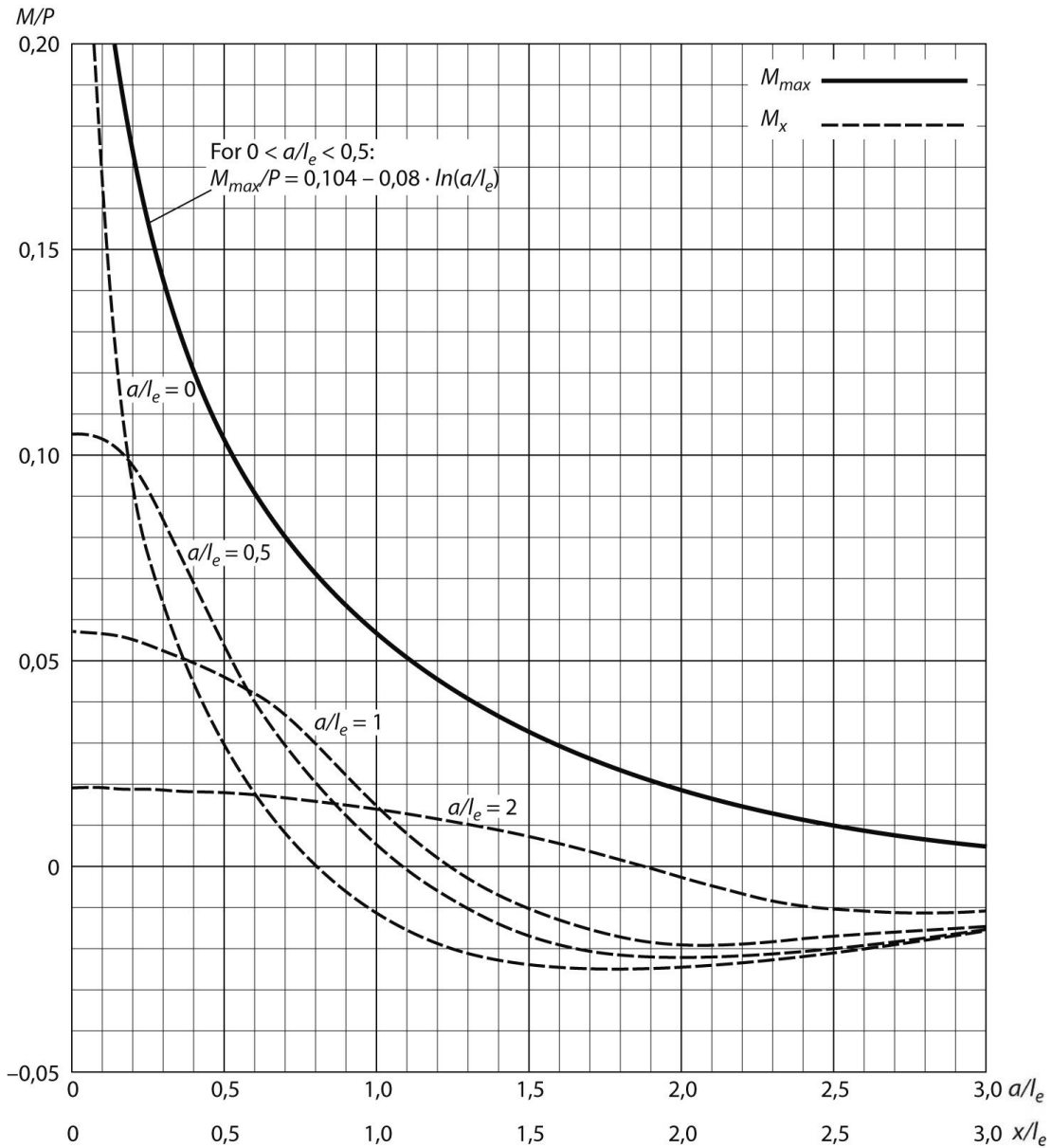
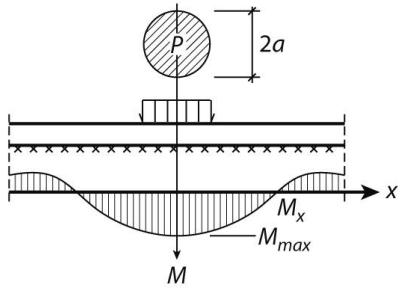
I fortsettelsen er det også tatt med noen diagrammer /4/ som viser momentforløpet som funksjon av a/l_e og x/l_e for de tre lasttilfellene. I disse figurene står a for lastflatens ekvivalente diameter ($2\sqrt{A}/\pi$) og l_e for den elastiske lengden. M angir intensiteten på momentet i kNm/m dersom P er angitt i kN. Ut fra disse diagrammene kan en også vurdere momentforløpet i radiell retning.

Figur 4-1 viser momentintensiteter og forløp for en innerlast og Figur 4-2 for en kantlast. For kantlasten er momentverdiene vist langs kanten. I radiell retning normalt på kanten vil det negative momentet (strek i toppen) være minst to ganger det negative momentet langs kanten. En kantlast kan betraktes som en innerlast når den er mer enn den elastiske lengden (l_e) eller minst 500 mm fra kanten.

M_{max} = maksimalt moment

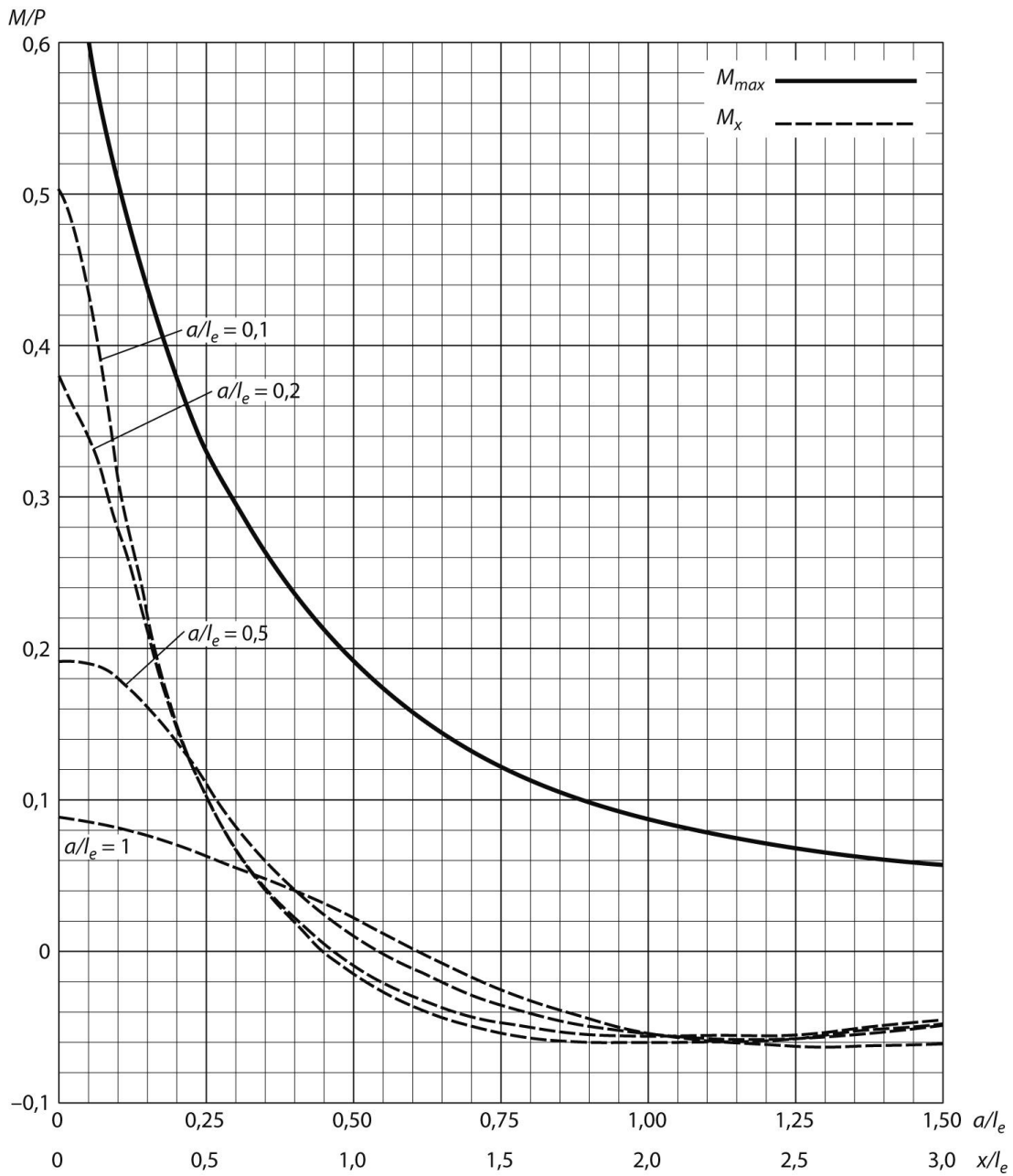
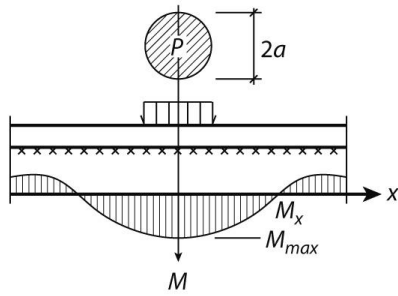
M_x = radielt moment i avstand x fra lasten

l_e = elastisk lengde



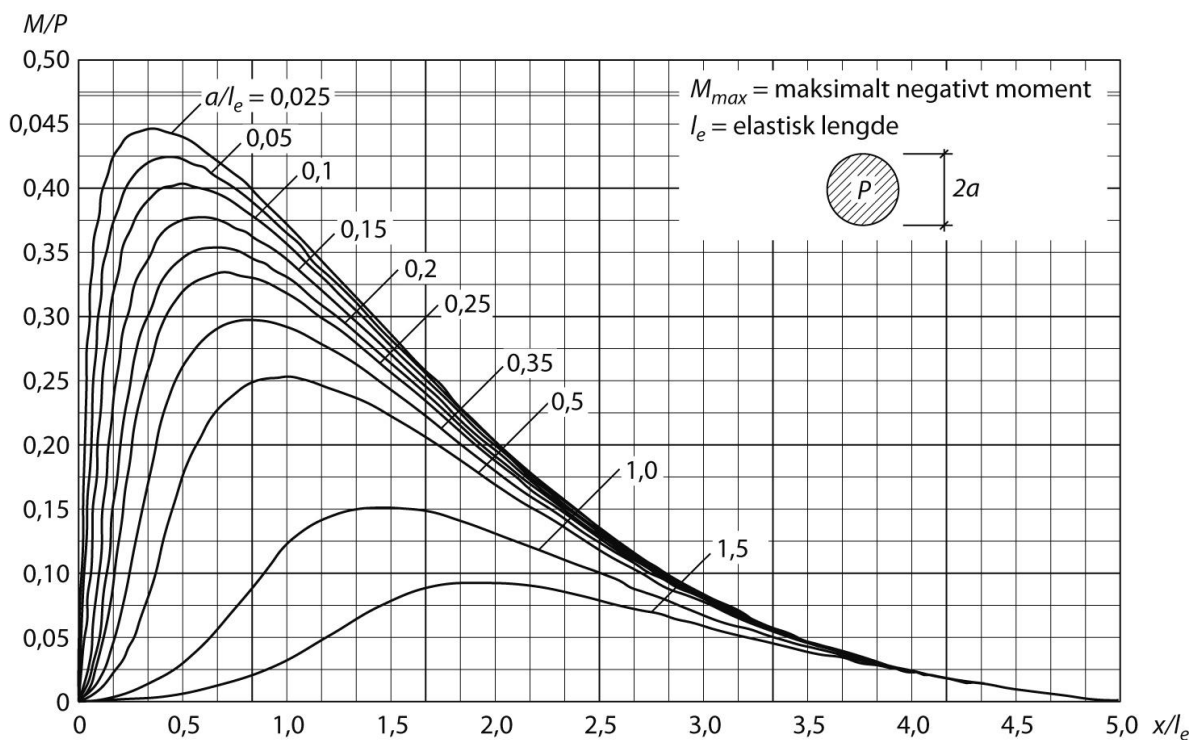
Figur 4-1: Momentverdier for punktlast inne på gulvet /4/

M_{max} = maksimalt moment
 M_x = radielt moment i avstand x fra lasten
 l_e = elastisk lengde



Figur 4-2: Momentverdier for punktlast ved kanten /4/

Momentverdier for negativt moment i hjørner avhengig av lastflatens størrelse er vist i Figur 4-3. Verdiene er vist langs diagonalen gjennom hjørnet. I dette tilfellet er det viktig å kontrollere at armeringen er tilstrekkelig forankret mot kantene.



Figur 4-3: Momentverdier for hjørnelast /4/

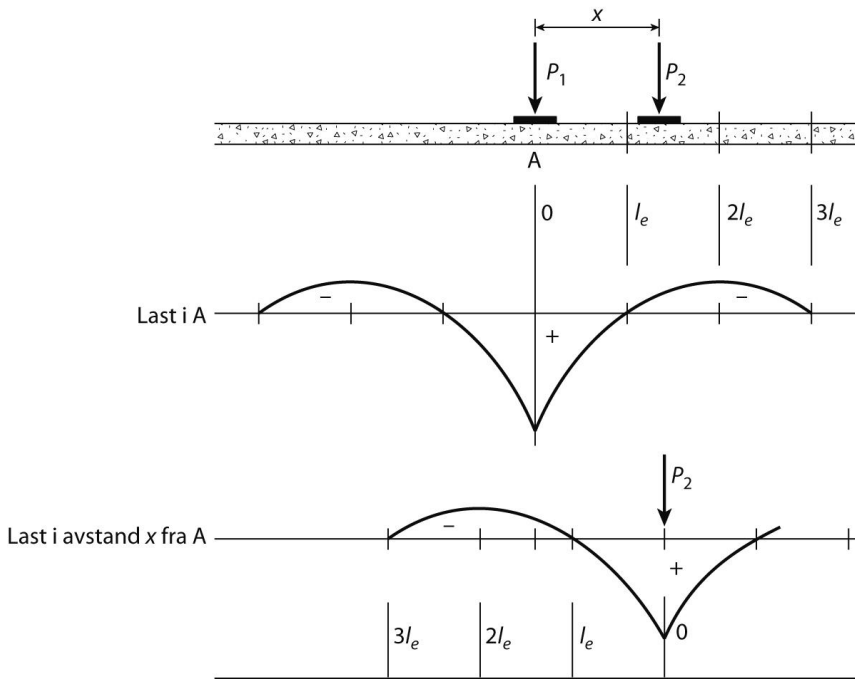
Den elastiske lengden (l_e), uttrykker tilnærmet avstanden fra lasten til det første 0-moment punktet i radiell retning for en innerlast. Noen verdier for l_e avhengig av dekketykkelse og grunnens stivhet er vist i Tabell 4-3. Den elastiske lengden øker med gulvtykkelsen (fordi stivheten øker med tykkelsen i 3. potens), og avtar med økende stivhet av grunnen.

Tabell 4-3: Elastiske lengder (mm) for forskjellige gulvtykkelser og grunnstivheter basert på $E=30000 \text{ N/mm}^2$ og $\nu = 0,2$ for betongen

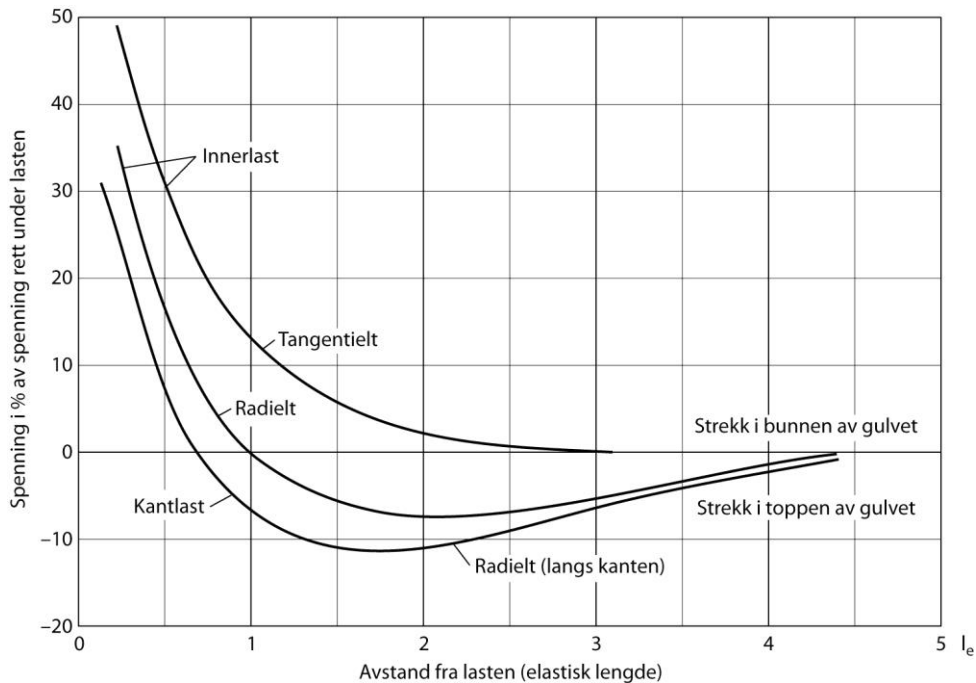
Gulvtykkelse (mm)	Grunnens stivhet, k (N/mm ³)				
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
100	477	402	363	338	319
150	647	544	492	458	433
200	803	675	610	568	537

For enkle overslag over momentvirkningen i radiell retning fra flere punktlaster kan derfor prinsippet i Figur 4-4 benyttes /6/. Forholdet mellom positivt og negativt moment er her satt til 4, som er forholdsvis lavt. For en mer nøyaktig vurdering, kan en benytte momentforløpene vist i Figur 4-5 /9/.

De er her vist både i radiell og tangentiell retning for en innerlast og i radiell retning for en kantlast. Det negative radielle momentet kan imidlertid øke forholdsvis mye når gulvet sprekker opp i underkant.



Figur 4-4: Tilnærmet momentvirkning i radiell retning fra samtidig virkende punktlaster inne på et gulv /6/



Figur 4-5: Tilnærmet spenningsintensitet i forhold til maksimalspenning rett under lasten i tangentiell og radiell retning for punktlaster inne på gulvet og i radiell retning langs kanten for punktlaster ved kanten som funksjon av avstanden fra lasten /9/

Rett under lasten er momentintensiteten like stor både i radiell og tangentiell retning. For flere samtidig virkende punktlaster, er det derfor som oftest ringretningen som blir dimensjonerende for strekkspenningen i underkant. Vi må derfor forvente at de fleste gulv som er påkjent av flere og spesielt bevegelige punktlaster over en viss størrelse (som enkeltvis gir strekkspenninger rundt 50 % av strekkfastheten) vil ha riss i underkant.

Den virkningen av punktlaster som er beskrevet så langt er først og fremst viktig i forhold til å kunne vurdere hvor tykt et gulv bør være for at det skal kunne forventes å bli tilnærmet rissfritt for den aktuelle belastningen. Det blir da til slutt en totalvurdering i forhold til hvilken tykkelse en skal velge. Noen riss i underkant betyr imidlertid ikke noe hverken for utseendet eller bruken av gulvet. Det som det bør legges størst vekt på er derfor faren for riss i overkant.

For punktlaster, er det det radielle momentet som gir strekk i overkant for inner- og kantlaster. Dette momentet, som har sin maksimalverdi 1,5- 2 ganger den elastiske lengden (l_e) fra lasten, er mye mindre enn det positive momentet (rett under lasten). Ut fra Figur 4-1 og Figur 4-2 er dette forholdet ca. 0,10 og 0,16 for a/l_e lik 0,1 og 0,25 for en innerlast og ca. 0,12 og 0,18 for de samme a/l_e forholdene for en kantlast.

M/P forholdet til det negative momentet er ganske konstant for a/l_e forhold mindre enn 1 for både inner- og kantlast. Det negative momentet vil imidlertid øke relativt sett når gulvet begynner å sprekke opp i underkant. Det blir derfor sannsynligvis ikke så galt å sette dette forholdet til ca. 0,18 og ca. 0,25 for a/l_e lik 0,1 og 0,25 for begge lasttilfellene. For a/l_e verdier mellom disse kan det interpoleres lineært. Når gulvet har sprukket opp også i overkant, er det forventet at det negative momentet vil gå noe ned igjen. For å kunne vurdere disse forholdene mer eksakt, trengs det imidlertid mer detaljerte (ikke-lineære) analyser.

For at et gulv som er risset i overkant ikke skal brytes ned med tiden ved gjentatte belastninger, bør den maksimale rissvidden være $\leq 0,5$ mm og endringene i rissvidden på grunn av lasten bør antakelig heller ikke være noe mer enn ca. 0,25 mm. Det bør derfor være så mye armering i overkant av slike gulv at rissmomentet kan tas med en rissvidde som ikke er noe særlig større enn 0,25 mm. Hvis det benyttes nettarmoring (med sveiste knutepunkt) som ligger høyt nok, vil det normalt tilsvare en spenning i armeringen på ca. 250 MPa. Det kan da forventes at rissvidden gradvis øker til 0,5 mm ved gjentatte belastninger på grunn av heftnedbryting og økt forankringslengde, men at variasjonsområdet fortsatt holder seg ganske konstanten.

For fiberarmerte gulv er det for så vidt tilstrekkelig å kunne ta det negative momentet med reststrekkfastheten til fiberbetongen, fordi rissvidden i dette tilfellet da blir så liten at det ikke er noe problem. Det bør likevel også i dette tilfellet vurderes om det skal legges inn en ekstra sikkerhet for å ivareta effekten av gjentatte belastninger. Dette gjør at det for de fibermengder som vanligvis benyttes (25-35 kg) er aktuelt å kombinere fiber og slakkarmoring i de områder som er mest utsatt for opprissing i overkant (hjørner og kanter).

4.2.3 Linjelast

Hetenyi /10/ utledet følgende uttrykk for det positive momentet under en ideell linjelast inne på et gulv:

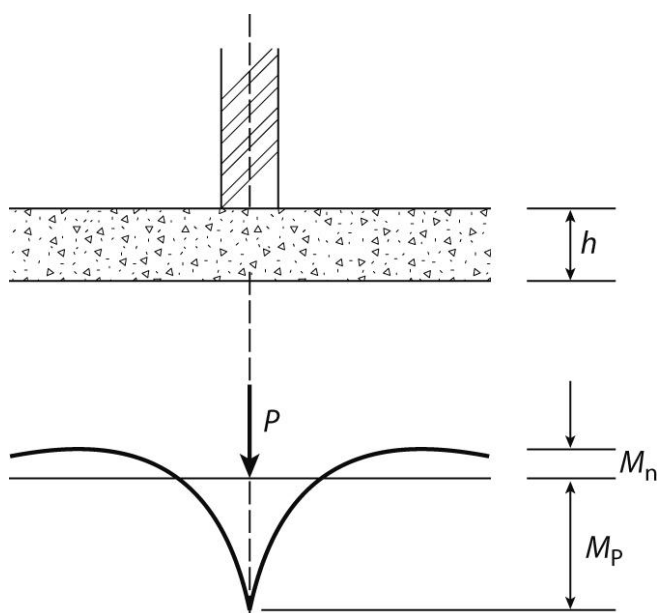
$$M_p = \frac{P}{4\lambda}$$

hvor:

P - er last pr lengdeenhet (N/mm)

$$\lambda = \left(\frac{3k}{E_c \cdot t^3} \right)^{0,25} \text{ (mm}^{-1}\text{)}$$

Momentforløpet for en slik last er vist i Figur 4-6 hvor forholdet mellom det negative (M_n) og det positive (M_p) momentet er 0,21.



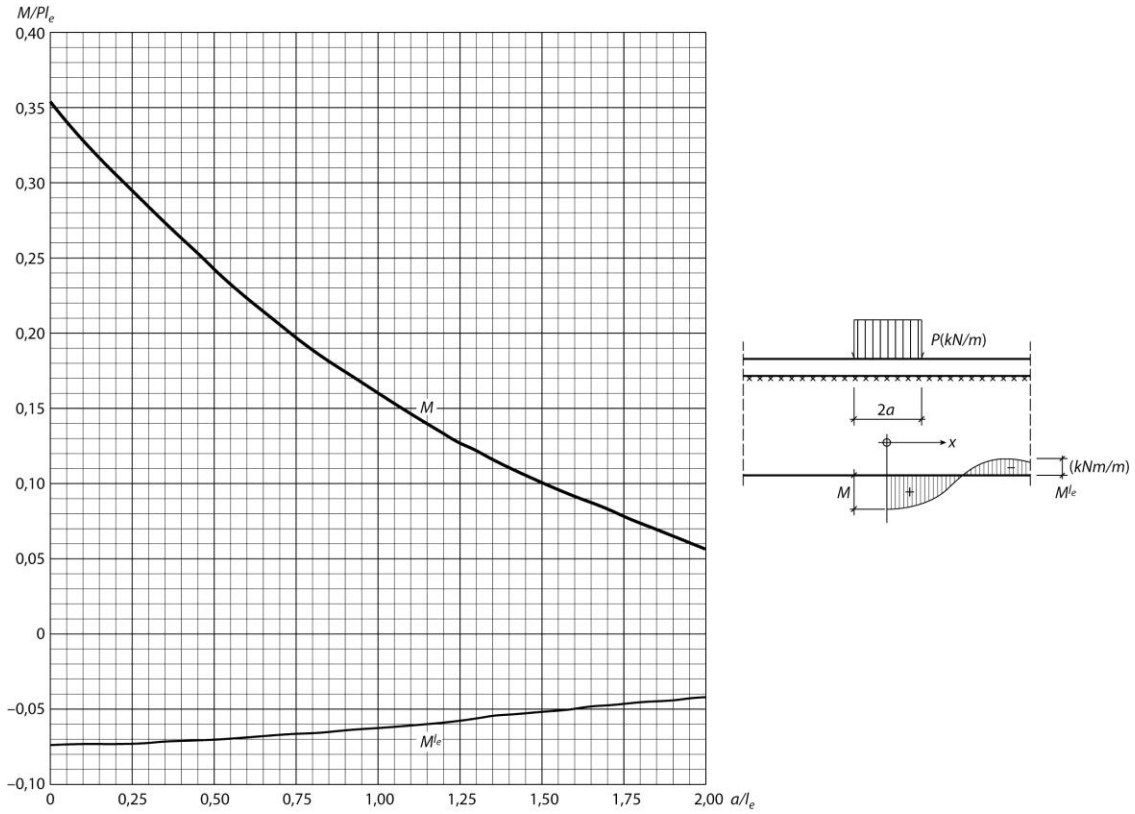
Figur 4-6: Momentfordeling for en intern linjelast

Både dette forholdet og maksimummomentet endrer seg når lasten er fordelt over en bredde.

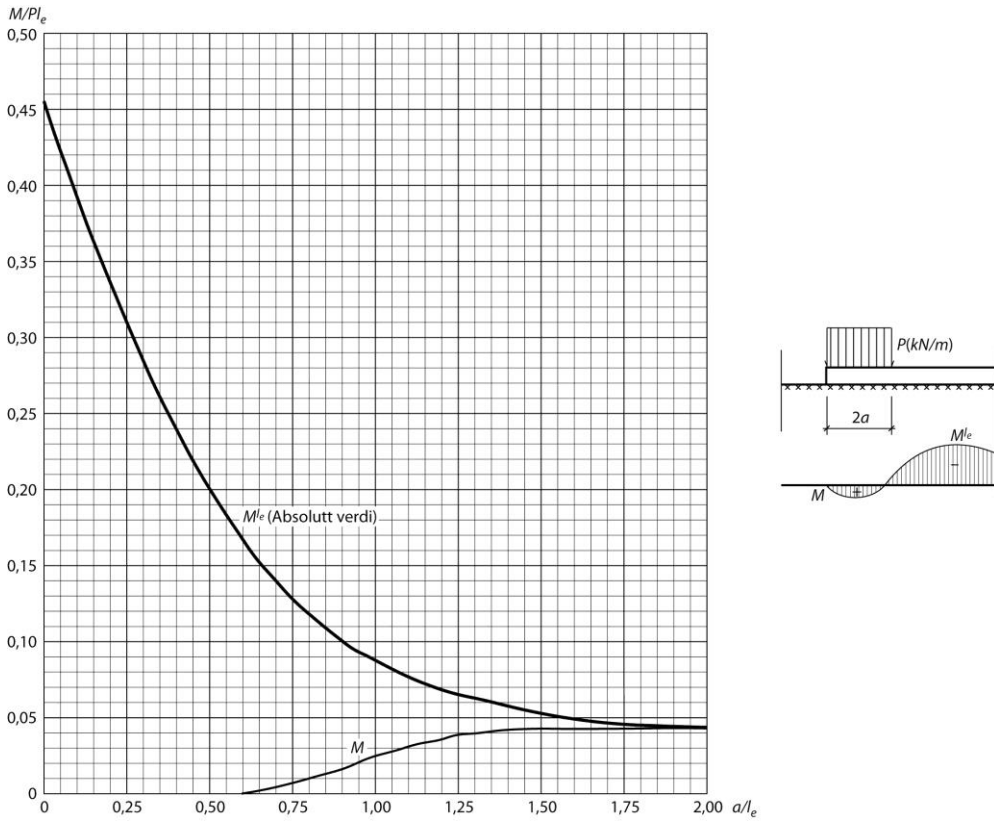
Westergaard /4/ utviklet derfor momentdiagrammer for linjelaster både inne på gulvet og langs en kant som funksjon av bredden på lasten (a) og den elastiske lengden (l_e), som vist i Figur 4-7 og Figur 4-8.

For en innerlast øker forholdet mellom negativt og positivt moment til 0,25 for $a/l_e = 0,5$ og til 0,29 for $a/l_e = 1,0$. Det negative momentet kan derfor bestemmes ut fra det positive momentet rett under lasten ved at denne verdien multipliseres med en faktor som kan antas å variere lineært mellom 0,21 og 0,29 for $0 < a/l_e < 1,0$.

For en kantlast bestemmes det negative momentet normalt på kanten direkte, og det blir ikke noe positivt moment i denne retningen uten at lastbredden er spesielt stor.



Figur 4-7: Maksmomenter for indre linjelast avhengig av a/l_e /4/



Figur 4-8: Maksmomenter normalt på kanten for linjelast langs kanten /4/

4.2.4 Nedbøyning

Basert på Westergaard's ligninger er det i /6/ også etablert et tilnærmet uttrykk for nedbøyningen av gulv på grunn fra punktlaster:

$$\delta = c \left(\frac{P}{kl^2} \right)$$

hvor:

c - er en nedbøyningskoeffisient som er avhengig av lastens plassering.

For en innerlast er c lik 0,125 og for en kantlast 0,442. For hjørnelast er c avhengig av a/l_e , og beregnes som: $c = (1,1 - 1,24 (a/l_e))$.

For nedbøyning fra linjelast kan en benytte uttrykkene for en punktlast på en bjelke på elastisk underlag til å bestemme nedbøyningene.

For en innerlast gir det:
$$\delta = \frac{\beta \cdot P_o}{2 \cdot k}$$

og for en kantlast:
$$\delta = \frac{2 \cdot \beta \cdot P_o}{k}$$

hvor:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k}{4 \cdot EI}}$$
 (mm^{-1}), P_o er lasten i N/mm , k er grunnens stivhet i N/mm^3 , E er betongens E-modul i N/mm^2 (vanligvis langtids E-modul i dette tilfellet) og I er dekkets stivhet i mm^4/mm (pr. mm bredde).

Alle disse uttrykkene gjelder imidlertid bare så lenge betongen kan antas å ha konstant stivhet for momentvirkning i begge retninger (det vil si før den risser og eventuelt etter at den er noenlunde likt opprisset på begge sider, dersom den er dobbeltarmert).

4.3 Fiberbetong

4.3.1 Kapasitet for aksialkraft og moment

Avhengig av lengde på fiberen, benyttes ofte begrepene mikro- og makrofiber. Mikrofiber er korte, vanligvis av polymerer, som blant annet finnes i en god del sparkel eller avrettingsmasser. Disse fibre kan gi materialet en jevnere og høyere strekkfasthet. De bidrar imidlertid lite til strekkfastheten etter at det er blitt riss. Makrofiber er så lange at de kan antas å være forankret på hver side av et riss. De vanligste typene er stål- og polymerfibre. Retningslinjene for fiber i dette avsnittet er for makrofiber.

Det regnes vanligvis ikke med økt strekkfasthet (ved initiering av riss) for betong som er tilsatt makrofiber. Gulv som er tilsatt slik fiber har imidlertid også en strekk- og momentkapasitet etter at det er blitt riss.

Er reststrekkfastheten til fiberbetongen kjent, kan aksial eller strekk- og momentkapasiteten bestemmes som:

$$N_f = f_{ftm,r,gulv} \cdot bh$$

$$M_f = 0,4 \cdot f_{ftm,r2.5,gulv} \cdot bh^2$$

hvor:

$f_{ftm,r,gulv}$ i uttrykket for aksialkraft er $f_{ftm,r0.5,gulv}$ i rissviddeberegninger for fiber i kombinasjon med slakkarmering som ikke flyter og $f_{ftm,r2.5,gulv}$ i andre tilfeller (kun fiber og når armeringen flyter sammen med fiberen). For momentkapasiteten benyttes $f_{ftm,r2.5,gulv}$ i alle tilfeller.

Momentfaktoren på 0,4 forutsetter at 80 % av tverrsnittshøyden er i strekk og 20 % i trykk. B og h er bredden og høyden på snittet som betraktes.

Disse uttrykkene er i prinsippet de samme som de som er benyttet i Norsk Betongforening Publikasjon nr. 38 (NB 38), bare at det er benyttet midlere i stedet for dimensjonerende reststrekkfasthet for fiberbetongen. Fasthetsverdiene er nærmere beskrevet i kapittel 3.1.5.2.

4.3.2 Skjærkapasitet for punktlaster

Bidraget til skjærkapasiteten fra fiberarmeringen kan også i de fleste tilfeller baseres på middelverdien til reststrekkfastheten for gulv på grunnen. Kontrollen kan også gjøres i bruksgrensetilstanden under forutsetning av at en er rimelig sikker på lasten. Det er likevel lagt inn en ekstra sikkerhetsfaktor på 1,25 på reststrekkfastheten til fiberbetongen. Beregningen følger ellers prinsippene i NS-EN 1992-1-1 punkt 6.4.4 og 6.4.5.

Skjærfastheten (skjærspenning pr. flateenhet på snittflaten) til en fiberarmert plate i det kritiske snittet 2d fra lastflaten kan baseres på standardens punkt 6.4.5 bestemmes som:

$$v_{Rd,cs} = 0,75v_{Rd,c} + \frac{0,6}{1,25} f_{ftm,r2.5,gulv} \left(\frac{a+d}{a+4d} \right) \quad \text{for } f_{ftm,r2.5,gulv} \geq 1,0 \text{ MPa}$$

hvor:

$0,75v_{Rd,c}$ og $\frac{0,6}{1,25} f_{ftm,r2.5,gulv} \left(\frac{a+d}{a+4d} \right)$ er henholdsvis betongen og fiberarmeringens bidrag til skjærfastheten i dette snittet. Her er a lastflatens bredde eller diameter og d er gulvets effektive høyde eller tykkelse.

Dersom det ikke er slakkarmering i gulvet settes $v_{Rd,c}$ inn som v_{\min} i henhold til NS-EN 1992-1-1 pkt 6.2.2.

Dersom gulvet også er skjærarmert med vanlige bøyler, kommer det et ledd i tillegg som vist i NS-EN 1992-1-1 punkt 6.4.5.

For at en skal kunne regne med skjærbidrag fra fiberarmeringen i gulv som bare er fiberarmert, skal fiberbetongen ha en midlere reststrekkfasthet som er minst 1,0 MPa.

Dersom det er problemer med skjærkapasiteten kan en enten øke gulvtykkelsen eller legge inn ekstra slakkarmering lokalt i underkant av gulvet ved punktlastene. Denne armeringen bør gå minst 2,5h ut forbi lastflaten til hver side, hvor h er tykkelsen til gulvet.

Skjærkapasiteten til spesielt viktige punktlaster bør likevel kontrolleres i bruddgrensetilstanden med vanlige last og materialfaktorer. Se kapittel 4.5.1.2.

4.3.3 Rissvidder

Det henvises til kapittel 4.2.1 for en mer generell beskrivelse av beregning av rissvidder. Det som er tatt med her, er bare det som kommer i tillegg for fiberbetong.

For fiberbetong trekkes bidraget fra fiberarmeringen fra risslasten før σ_{s2} beregnes.

Reststrekkfastheten til fiberbetongen settes til $f_{tm,r0.5,gulv}$ i beregninger hvor slakkarmeringen i kombinasjon med fiberarmeringen ikke flyter. Det presiseres imidlertid at dette er en forenklet vurdering gjort av NB 15 komiteen i mangel på andre enkle retningslinjer. Det henvises for øvrig til kommende Norsk Betongforening Publikasjon nr. 38 for mer detaljerte beregninger av rissvidder for fiber i kombinasjon med slakkarmering i generelle tilfeller (for bærende konstruksjoner).

I et fiberarmert gulv, hvor det er nok armering til at slakkarmeringen i kombinasjon med fiberarmeringen ikke flyter for risslasten, kan derfor σ_{s2} i armeringen etter at det har risset bestemmes som:

$$\sigma_{s2} = A_c(0,8 \cdot f_{ctm} - f_{ftm,r0.5,gulv}) / A_s$$

Rissvidden kan videre beregnes etter kapittel 4.2.1.

For flytende gulv, vil kraften i risset være begrenset av friksjonskraften fra underlaget. Dersom denne kraften ikke overskrider reststrekkfastheten til tverrsnittet basert på midlere reststrekkfasthet for fiberen, kan rissvidden i slike gulv (med bare fiber) forventes å bli ganske liten (< 0,5 mm).

4.3.4 Noen generelle kommentarer

Ved kontroll av kapasitet for aksialkraft og moment for fiber i kombinasjon med vanlig armering, kan det regnes med den samme reststrekkfastheten for fiberbetongen som for tverrsnitt med bare fiber ($f_{ftm,r2.5,gulv}$). Det henvises imidlertid til NB 38 for tøyningstakelser for kontroll av momentkapasitet. Trykksonehøyden vil i dette tilfellet bli noe større fordi den også skal ta opp kraften i armeringen.

Det er ikke gått noe nærmere inn på hvordan kravet til armering i de forskjellige gulvklassene kan reduseres ved en kombinasjon av fiber- og slakkarmering i denne publikasjonen. Forenklet kan en imidlertid da basere seg på de prinsippene som tidligere er beskrevet for aksial- og momentkapasiteten til fiberarmeringen og så superponere de to bidragene (fiber- og slakkarmering). For moment må det imidlertid da regnes med et fiberbidrag som står i forhold til tøyningstilstanden. Vi anbefaler at en i dette tilfellet også benytter $f_{tm,r2.5,gulv}$ som utgangspunkt for fibereffekten.

Selv om reststrekkfastheten til fiberbetongen kan være forholdsvis liten i forhold til strekkfastheten til betongen, utgjør den likevel en betydelig kraft som vil kunne trekke store felt av gulvet sammen mot midten. En restspenning på 1,0 MPa tilsvarer for eksempel en kraft på 150 kN pr. meter bredde

for et 150 mm tykt gulv. For et gulv på to lag plast, er det nok til å kunne trekke egenvekten av gulvet over en lengde på ca. 75 meter. Ved last på gulvet, vil dette endre seg, men vanlige fibermengder er likevel i stand til å begrense rissviddene på frie gulvflater ganske mye. For fastholdte gulv, må det imidlertid tilleggsarmes for å ha kontroll på rissviddene.

4.4 Dybler

På store gulv er det vanlig å ha dybler i fuger mellom dagsetapper. I noen tilfeller legges det også dybler over fuger som skjæres (rissanvisere) etter at gulvet er støpt. Det benyttes dybler for å avlaste kanter og hjørner og for å begrense høydesprang på grunn av forskjeller i kantreising ved fugen.

Det finnes forskjellige dybelløsninger, fra enkeltdybler til ferdig monterte dybelsystemer med stålplater på hver side av fugen, se Figur 5-8. Kapasiteten til dybler med stålplate er normalt betydelig høyere enn for enkeltdybler. Dette skyldes både at dybler med stålplate har en generelt høyere kapasitet og at effekten av begrenset kantavstand normalt også blir mindre i dette tilfellet. Dybler med stålplate er derfor å anbefale for industrigulv hvor det kjøres med tunge laster over fugene.

Når det gjelder kapasiteten til forskjellige dybelløsninger, så henvises det i utgangspunktet til hver enkelt leverandør. Det er likevel tatt med litt enkel teori om dybler nedenfor for at en skal ha et visst grunnlag til å vurdere løsningene ut i fra.

En dybel kan tenkes å virke på tre måter: - på bøyning ved at det dannes flyteledd et lite stykke inne i betongen på hver side av fugen, - på avskjæring hvis det er skjærkapasiteten til selve dybelen i fugen som begrenser kapasiteten og - på strekk hvis dybelen får en vinkelendring av betydning over fugen. Den siste er imidlertid lite aktuell for gulv før fugen allerede er ødelagt. For enkeltdybler er det derfor som oftest momentkapasiteten som bestemmer kapasiteten, mens det for dybler med stålplater kan være skjærkapasiteten hvis ikke åpningen i fugen blir så stor.

Kapasiteten til en dybel for ren avskjæring kan uttrykkes som:

$$F_v = \frac{1}{\sqrt{3}} f_y \cdot A_s$$

hvor:

f_y - er stålets flytespenning og A_s dybelens areal

I /11/, er det foreslått et uttrykk for kapasiteten til en dybel for moment hvor det også er tatt hensyn til at fugen kan ha en åpning ($2 \cdot e$) og begrenset avstand til sidekantene:

$$F_v^2 + (10f_c \cdot \emptyset \cdot e)F_v - \alpha_c^2 \cdot \emptyset^4 \cdot f_c \cdot f_y = 0$$

hvor:

f_c - er betongens karakteristiske trykkfasthet (N/mm²)

\emptyset - er dybelens diameter (mm)

e - er lastens eksentrisitet, som er halve fugeåpningen (mm)

α_c - er en faktor ($\leq 1,3$) som tar hensyn til avstanden til kantene

Bakgrunnen for dette uttrykket og foreslåtte verdier for α_c avhengig av område/plassering av dybelen og kantavstander finnes i /11/. De foreslåtte verdiene for α_c er ikke tatt med her siden de ikke er så relevante for et gulv som stort sett begrenses av avstanden til over- og underkanten (i lastretningen) og til avstanden mellom dyblene. Avstanden mellom dyblene velges imidlertid normalt så stor i et gulv at den ikke begrenser kapasiteten.

Dersom det regnes med kvadratiske dybler i stedet for runde, kan \emptyset i uttrykket ovenfor forenklet erstattes med $1,1 \cdot d$, hvor d er sidekanten til den kvadratiske stangen.

For $e=0$, kan dimensjonerende dybelkapasitet for bøyning uttrykkes som:

$$F_{vd} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \alpha_c \cdot \emptyset^2 \sqrt{f_c \cdot f_y}$$

hvor:

γ_{Rd} er en sikkerhetsfaktor som det er anbefalt å sette lik 1,3. Med $\gamma_{Rd} = \alpha_c = 1,3$, blir da $F_{vd} = \emptyset^2 \sqrt{f_c \cdot f_y}$, som er det vanlige uttrykket for dybelkapasitet som vi er vant med fra blant annet tidligere utgaver av Betongelementboken /12/.

Denne verdien må imidlertid reduseres hvis ikke dybelen har tilstrekkelig kantavstand. Dette med virkningen av kantavstander er etter hvert blitt ganske komplisert, og det vil derfor føre for langt å gå inn på dette her. Det er imidlertid diskutert ganske detaljert for dybel med stålplate i den siste utgaven av Betongelementboken. For vårt formål, vil det likevel være tilstrekkelig å foreta en lineær reduksjon av kapasiteten til enkeltdybler ut fra følgende relasjon:

$$F_{vd} = k \emptyset^2 \sqrt{f_c \cdot f_y}$$

hvor:

$k = a_1 / (7,5 \emptyset)$ for $a_1 \leq 7,5 \emptyset$ og 1,0 for $\emptyset > 7,5 \emptyset$. a_1 er her kantavstanden.

For en $\emptyset 16$ mm dybel i et 150 mm tykt gulv, blir da $k = 0,56$.

For dybler med stålplate, må kapasiteten baseres på opplysninger fra leverandøren av systemet.

For at dybelkapasiteten skal bli fullt utnyttet over en fuge, trengs det vanligvis en forskyvning som er minst $0,1 \cdot \emptyset$ mellom fugeflatene /12/.

I USA er det utarbeidet noen retningslinjer for dybler basert på erfaringer fra veidekker /13/. Blant annet anbefales det at dyblene generelt monteres med en avstand på 300 mm og at de har en diameter som er ca. 1/8-del av tykkelsen til dekket. Det er videre anbefalt at dyblene har en lengde på 8-12 ganger diameteren til hver side for fugen.

Det er også uttrykt at den første dybelen må være ganske nær hjørnet for at den skal gi tilstrekkelig lastfordeling i hjørnet. Tidligere var det vanlig å plassere denne dybelen rundt 150 mm fra hjørnet, mens det nå er mer vanlig at denne avstanden er fra 200-250 mm. Det er også viktig å se til at de

første dyblene i hjørner har tilstrekkelig bevegelsesmulighet langs fugen så en ikke risikerer at de bryter ut hjørnet på grunn av forskjeller i langsgående bevegelser mellom platedelene.

Praksis for dybler i Norge har vært mer i henhold til Tabell 4-4.

Tabell 4-4: Utførelse av dybler slik det har vært praktisert i Norge

Gulvtykkelse (mm)	Dybeldimensjon (mm)		Senteravstand (mm)
	Diam.	Lengde	
100 – 150	16	500	300
160 – 200	20	500	400
> 200	25	500	500

Vi er ikke kjent med at det har vært noe særlig problemer med det. Det bør imidlertid vurderes om kapasiteten er tilstrekkelig i hvert enkelt tilfelle. For punktlaster fra kjøretøy, kan en da ta som utgangspunkt at minst halvparten av lasten på hvert hjul skal tas av en dybel.

4.5 Bruddgrensetilstanden

Det mest vanlige så langt har vært å kontrollere kapasiteten til gulv på grunnen i forhold til punkt- og linjelaster ved hjelp av bruddlinjeteori. I en slik (plastisk) tilstand har en imidlertid ikke kontroll på riss og deformasjoner. Denne metoden er derfor lite egnet som dimensjoneringsmetode når det er krav til rissvidder i gulvet. Den er derfor først og fremst et alternativ for gulv hvor rissene ikke betyr så mye. Det bør likevel gjøres noen overslag i elastisk tilstand for å unngå at rissene blir så store at de brytes ned ved gjentatte belastninger. Noe av denne problemstillingen er likevel ivaretatt ved at det benyttes vanlige last- og materialfaktorer i en slik (plastisk) dimensjonering.

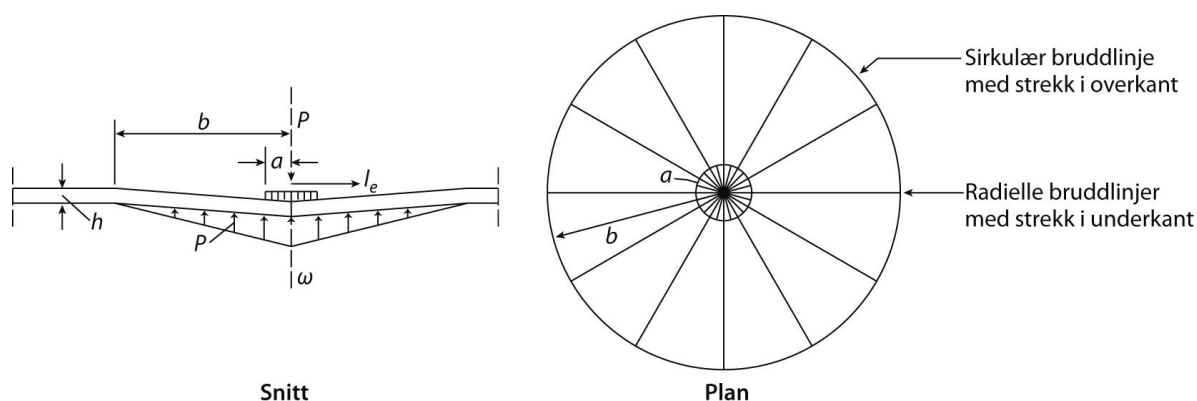
Det finnes kapasitetsformler basert på plastisitetsteori for de fleste lasttilfeller som er aktuelle for gulv. Bakgrunnen for disse formlene er til dels ganske komplisert. De gir heller ikke noe entydig svar, da det i de fleste tilfellene er lagt inn en del forutsetninger og antakelser som ikke trenger å stemme helt for det aktuelle tilfellet. Formlene er likevel en brukbar tilnærming til kapasiteten siden de i de fleste tilfeller også er verifisert med forsøk. Det er likevel ganske uklart hva som er kriteriet for kapasitet i en slik tilstand, annet enn at armeringen flyter på den ene siden. På mange måter kan det derfor se ut som en "dekker seg bak" at et gulv på grunnen ikke kan falle ned.

Noen av de mest vanlige formlene for punkt- og linjelaster etter plastisk teori er gjengitt nedenfor.

4.5.1 Punktlaster

4.5.1.1 Momentkapasitet

De uttrykkene som er mest vanlige for plastisk kapasitet ved punktlaster er basert på utledninger av Meyerhof /14/ og tar utgangspunkt i vanlig elastisitetsteori og et antatt deformasjonsforløp under lasten som vist i Figur 4-9. Trykket fra grunnen er her $p = kw$, hvor k er grunnens stivhet og w er forskyvningen rett under lasten.



Figur 4-9: Deformasjon og bruddlinjemønster for en punktlast inne på et gulv

Omtrent samtidig publiserte også Losberg /15/ en artikkel om samme tema, og som førte til at Meyerhof justerte sine opprinnelige formler til å gi kurver som lå mellom sine egne og Losberg sine kurver. De justerte formlene er tidligere benyttet i /7/, og de er beholdt som en brukbar tilnærming til plastisk kapasitet for punktlaster i denne publikasjonen.

De justerte formlene til Meyerhof for enkeltlast er som følger:

Punktlast inne på gulvet:

$$P = 6 \left(1 + \frac{2a}{l_e} \right) (M_p + M_n)$$

Punktlast ved kant:

$$P = 3,5 \left(1 + \frac{3a}{l_e} \right) (M_p + M_n)$$

Punktlast i et hjørne:

$$P = 2 \left(1 + \frac{4a}{l_e} \right) M_n$$

hvor:

M_p og M_n i utgangspunktet er positiv og negativ plastisk momentkapasitet for armeringen i gulvet. For gulv på grunn settes imidlertid det negative momentet stort sett til gulvets rissmoment. Dette er en forutsetning som i høyeste grad kan diskuteres.

Formelen for kantlast forutsetter at $M_p = M_n$ både langsetter og tvers på kanten. Plastisk momentkapasitet bestemmes som $M = f_{sd} A_s z$ (kNm/m) hvor f_{sd} er armeringens dimensjonerende flytespenning, A_s er armeringsarealet pr. meter bredde og z er indre momentarm.

Losberg benyttet bruddlinjeteori utviklet av Johansen /16/ i sine beregninger. Resultatene ble publisert i diagrammer som senere er videreutviklet av Westerberg /4/.

4.5.1.2 Skjærkapasitet

Skjærkapasiteten for spesielt viktige og store punktlastere beregnes i bruddgrenstilstanden i henhold til NS-EN 1992-1-1. Det kontrolleres både for trykk- og strekkbrudd. For trykkbrudd regnes det ikke med noen reduksjon av lasten fra grunntrykket, mens det for strekkbrudd kan regnes med en viss reduksjon på grunn av trykket fra grunnen. I /5/ er denne reduksjonen satt til $((a+h)/2l_e)^2$, mens den i /4/ er gjort avhengig av a/l_e og c/l_e , hvor $c=(a+h)/2$ (a er lastflatens diameter og h gulvets tykkelse). I de fleste tilfeller utgjør imidlertid dette bare noen få prosent (5-10 %), slik at det er ganske vanlig å se bort fra denne virkningen av grunntrykket også for strekkbrudd.

Skjærfastheten (skjærspenning pr. flateenhet på snittflaten) til en fiberarmert plate i det kritiske snittet $2d$ fra lastflaten kan basert på NS-EN 1992-1-1 punkt 6.4.5 bestemmes som:

$$v_{Rd,cs} = 0,75v_{Rd,c} + 0,6f_{ftd,r2.5,gulv} \left(\frac{a+d}{a+4d} \right) \quad \text{for } f_{ftm,r2.5,gulv} \geq 1,0 \text{ MPa}$$

hvor:

$0,75v_{Rd,c}$ og $0,6f_{ftd,r2.5,gulv} \left(\frac{a+d}{a+4d} \right)$ er henholdsvis betongens og fiberarmeringens bidrag til skjærfastheten i dette snittet. Her er a lastflatens bredde eller diameter og d er gulvets effektive høyde eller tykkelse.

$f_{ftd,r2.5,gulv}$ bestemmes som $(0,7f_{ftm,r2.5,gulv})/1,5$.

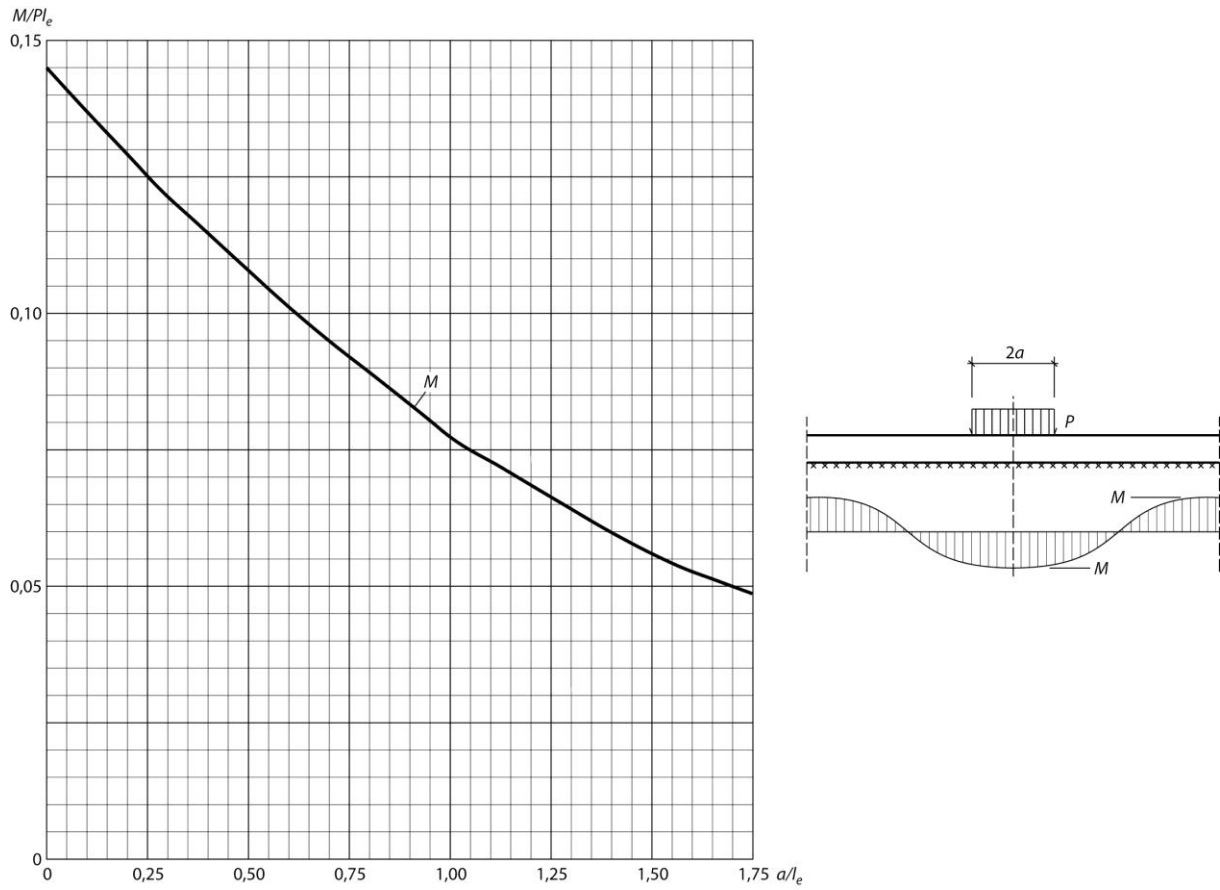
Dersom det ikke er slakkarmering i gulvet, settes $v_{Rd,c}$ inn som v_{min} i henhold til NS-EN 1992-1-1 punkt 6.2.2.

Dersom gulvet også er skjærarmert med vanlige bøylere, kommer det et ledd i tillegg til dette uttrykket som vist i NS-EN 1992-1-1 punkt 6.4.5.

For at en skal kunne regne med skjærbidrag fra fiberarmeringen i gulv som kun er fiberarmert, må den midlere reststrekkfastheten til fiberbetongen i gulvet være minst 1,0 MPa.

4.5.2 Linjelast

Plastisk kapasitet for en linjelast er vist i henhold til Westerberg i Figur 4-10 /4/. Det er ikke vist noe tilsvarende diagram for linjelast langs kanten, da en i dette tilfellet bare kan få økt kapasitet utover elastisk tilstand, hvis det plastiske momentet er større enn rissmomentet.



Figur 4-10: Plastisk kapasitet for indre linjelast /4/

5 Konstruksjonsløsninger

5.1 Innledning

Gulv på grunn og påstøper utføres prinsipielt som

- Flytende gulv eller
- Fastholdt gulv, enten med heft til underlaget eller fastholdt av andre konstruksjonsdeler

Flytende konstruksjoner anbefales å ha tykkelser som gitt i Tabell 3-5. For tykkelser fra 100 og ned til 30 mm finnes det spesielle løsninger. Påstøp med heft til underlaget utføres normalt i tykkelser fra 20 til 80 mm. Med «heft til underlaget» menes her bruk av heftbro, enten epoxylim eller sementbasert heftbro.

De mest vanlige skadene på gulv er kantreising og oppsprekking. Hovedårsakene til skadene er feil eller mangelfull prosjektering, feil eller mangelfull armeringsmengde og plassering av armering, mangelfull utførelse spesielt med tanke på herdetiltak, samt betongsammensetningens totale svinn.

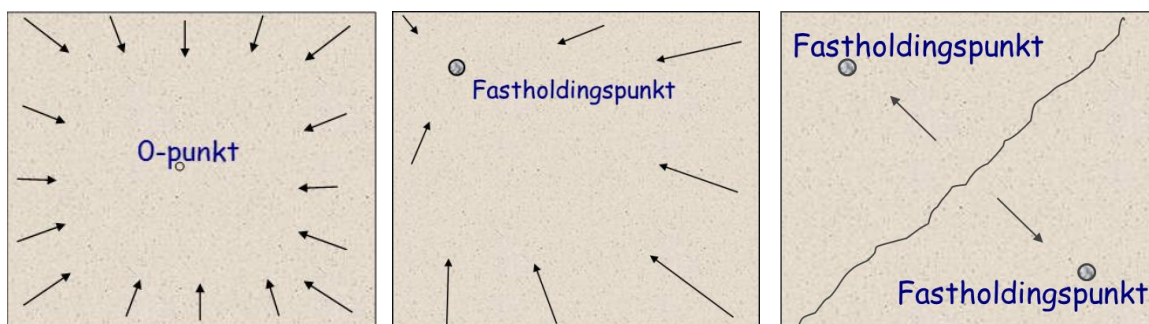
Gulvtykkelsen bestemmes av dimensjoneringsprinsipper, krav til overdekning på armeringen, risiko for opprissing og kantreising. Krav til overdekning kan bestemmes ut fra eksponeringsklassene beskrevet i NS-EN 1992-1-1. For å sikre kraftoverførende egenskaper skal overdekningen minimum være 10 mm eller stangdiameteren.

5.2 Flytende gulv

5.2.1 Beskrivelse

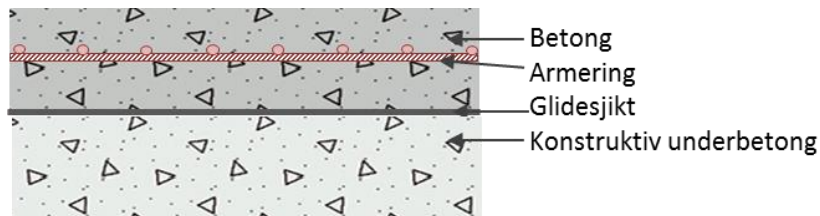
Flytende gulv skal ha lav nok friksjon mot underlaget og skal frigjøres fra alle fastholdingspunkter. Dersom målet er å ha minst mulig riss, må gulvet kunne bevege seg fritt og ikke bli fastholdt i forhold til forventet svinn- og temperaturbevegelser i bruksfasen. I gulv med f.eks. sluk eller søyler, som må støpes fast i gulvet, må det prosjekteres med en oppdeling som gir muligheter for bevegelse.

Figur 5-1 viser eksempel på flytende gulv uten fastholdingspunkt, med ett fastholdingspunkt og to fastholdingspunkter.

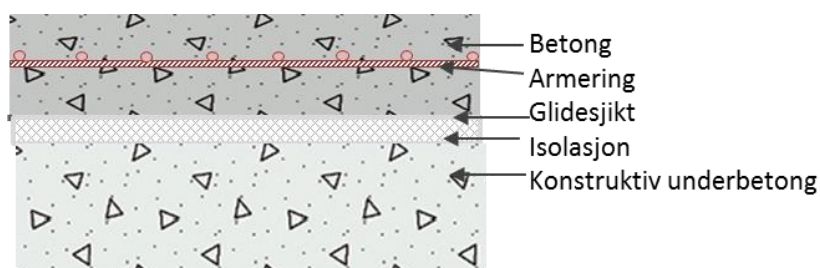


Figur 5-1: Eksempel på flytende gulv uten fastholdingspunkt, med ett fastholdingspunkt og to fastholdingspunkter

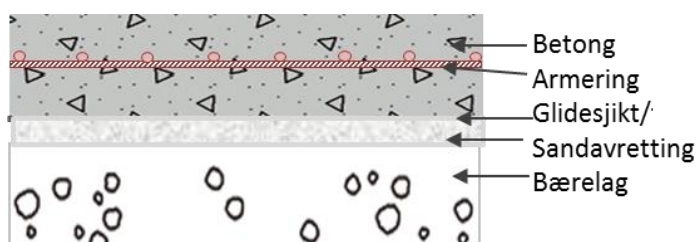
Flytende gulv uten fastholdingspunkt vil trekke seg mot senter av gulvet. Hvis det er ett fastholdingspunkt, vil betongen trekke seg mot fastholdingspunktet. Hvis det er flere fastholdingspunkt vil det oppstå strekkspenninger i betongen mellom fastholdingspunktene. Enten må det prosjekteres med fuge eller det må legges inn tilstrekkelig armering slik at rissviddene blir tilstrekkelig små.



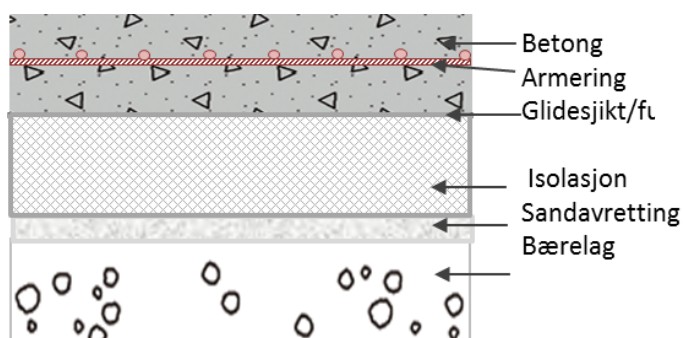
Figur 5-2: Flytende gulv på konstruktiv betong med glidesjikt



Figur 5-3: Flytende gulv på konstruktiv betong med isolasjon og glidesjikt



Figur 5-4: Flytende gulv på bærelag og sandavretting med glidesjikt



Figur 5-5: Flytende gulv på bærelag og sandavretting med isolasjon og glidesjikt

Flytende gulv på grunn og flytende påstøp på bærende konstruksjoner utføres med eller uten isolasjon, som vist i Figur 5-2 til Figur 5-5.

5.2.1.1 Underlag

For gulv der det stilles krav til maksimale rissvidder i overflaten og toleransekrav til ferdig overflate, skal underlaget/bærelaget ha en høydeteranse på +/- 20 mm og en jevnhet målt med 3 meter lang rettholt på +/- 10 mm. Krav til oppbygging av underlaget må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Det gjelder:

- Stivhet på bærelaget
- Tykkelse og stivhet/fasthet på eventuell isolasjon
- Underlaget må prosjekteres ut fra de laster som er oppgitt. Se kapittel 3.2.1.

5.2.1.2 Glidesjikt

For flytende gulv i Gulvklasse I og II skal det benyttes 2 lag 0,2 mm plast som glidesjikt. For flytende gulv i Gulvklasse III kan det være tilstrekkelig med 1 lag. Dette er fordi kantreising blir like viktig som friksjon mot underlaget i forhold til rissdannelse i Gulvklasse III. Tabell for friksjonskoeffisienter for underlag er vist i kapittel 4.2.1.

Glidesjiktet bør primært ligge rett under betongen som vist på Figur 5-2 til Figur 5-5, men kan alternativt også legges mellom to lag isolasjon med maksimum stivhet på isolasjonen som vist i Tabell 3-4.

5.2.1.3 Betong og armering

Valg av betongkvalitet og armeringsmengde/armeringsføring må gjøres ut fra de belastninger gulvet kan bli utsatt for og kundens forventninger til sluttresultat. Der det stilles krav til rissvidder prosjekteres gulvene i henhold til gulvklassene i kapittel 3.6 og med betong i henhold til kapittel 3.6 og 3.7.

5.2.2 Tykkelse fra 100 mm og oppover

Flytende gulv med tykkelser fra 100 mm og oppover skal beskrives og utføres i henhold til Tabell 3-5. Faren for kantreising og bøyingsriss reduseres jo tykkere gulvet er (se kapittel 3.4.5).

5.2.3 Tykkelse fra 60 til 100 mm

Det finnes bygg som det ikke er ønskelig å prosjektere for vekten av minimum 100 mm påstøp. I slike tilfeller beskrives det derfor ofte tynnere påstøper (60-100 mm) med stor risiko for skader. I disse tilfellene bør følgende metode benyttes for å redusere risikoen for skader på grunn av kantreising:

- Bruk av betongkvalitet og armeringsmengder som angitt for Gulvklasse I
- Bruk av selvuttørkende betong
- Legge herdeplastbelegg med s_d -verdi ≥ 5 m umiddelbart etter at herdetiltakene er avsluttet for å hindre for rask uttørking i betongoverflaten

Se kapittel 3.4.5 for mer informasjon om kantreising.

5.2.4 Tykkelse ned til 30 mm

Tynne påstøper ned til 30 mm på isolasjon, som underlag for flis og belegg, benyttes på mange gulv der det er liten belastning. Dette kan være gangarealer, kontorer, kantiner etc. Så tynne påstøper med varmerør skal armeres.

Så tynne påstøper utføres normalt med avrettingsmasser. Avrettingsmasser har også svinn, normalt 0,3-0,5 ‰, og det kreves derfor frigjøring fra alle fastholdingspunkt også i dette tilfellet på lik linje med bruk av ordinær betong. Leverandøren har normalt dokumentert svinnet til avrettingsmassene og denne verdien kan legges til grunn for eventuell oppdeling av gulvene.

Løsninger med avrettingsmasse på isolasjon har god lydempende evne og de fleste leverandørene har ferdige løsninger med dokumentert lydreduksjon.

5.2.5 Innstøpte varme- og kjølerør

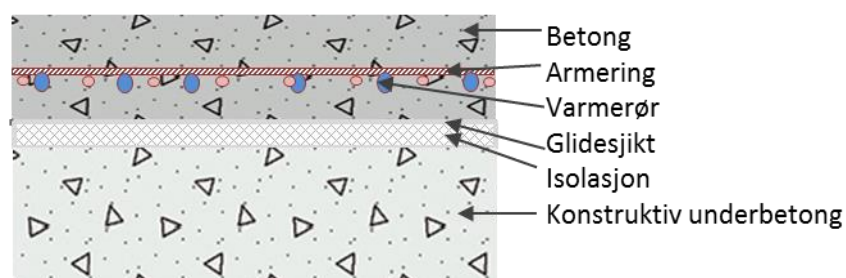
Varmerør er normalt 15-25 mm og kjølerør 12-32 mm i diameter. I prosjekteringen av gulv med innstøpte varme/kjølerør må det tas hensyn til hvor det skal være fuger, hvordan sløyfene til rørene legges og hvordan gulvet skal støpes med tanke på optimal oppdeling. Dersom rørene krysser en fuge, skal det sikres at rørene kan ta opp den forventede deformasjonen som kan skje i fugen.

Bruk av skinner som festeordninger for rørene kan føre til uønskede riss og bør derfor unngås i gulv med strenge risskrav.

For gulvtykkelser mellom 100 og 150 mm skal varmerørene legges midt i tverrsnittet. Ved tykkere gulv kan varmerørene legges høyere. Generelt skal rørene legges under topparmeringen for å hindre at rørene flyter opp.

Det er vanlig å legge kjølerør høyt i tverrsnittet. Ved store temperaturforskjeller, for eksempel i ishaller, skal gulvene prosjekteres særskilt. Monteringsystemet for kjølerørene vurderes derfor nøye i forhold til de krav som stilles til gulvet.

Et eksempel på utførelse av påstøp med rør er vist i Figur 5-6.



Figur 5-6: Flytende gulv med innstøpt rør

5.2.6 Fugeløsninger

Utviklingen i Norge og resten av Europa går i retning av større avstand mellom gjennomgående bevegelsesfuger i innendørs flytende gulv på grunn og i påstøper uten heft. Videre oppdeling av disse feltene med rissanvisere, med gjennomgående armering anbefales normalt ikke, fordi det svekker gulvet og fordi det erfaringsmessig kommer like mye riss utenfor som i disse rissanviserne (se kapittel

3.3.2). Størrelsene på de fugefrie feltene bestemmes først og fremst av støpekapasitet pr. dag, betongsammensetning og krav til fugeåpninger. Det støpes i dag felt > 2000 m² uten fuger. Ingen felt kan imidlertid forventes å bli helt rissfrie. I noen tilfeller er det også nødvendig å lage mindre felt på grunn av krav til bevegelser i fugene. Dette gjelder spesielt utendørs, der det i tillegg til svinn også må tas hensyn til temperaturbevegelser.

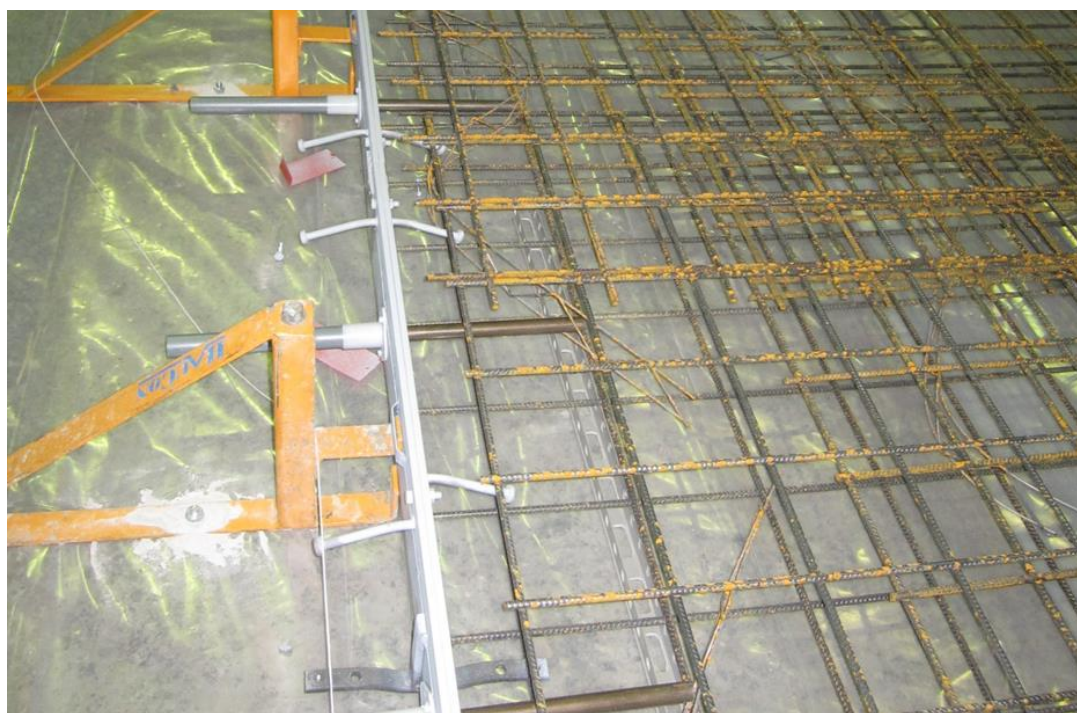
Fugene bør dele gulvet inn i forholdsvis kvadratiske felt. En generell anbefaling er at lengden til feltet ikke bør overstige 2 ganger bredden. Lange smale felt har stor risiko for oppsprekking på tvers av lengderetningen. Når bredden på feltet er over en viss størrelse (f.eks. 10 m) er imidlertid ikke dette lenger så farlig. Feltene sin størrelse og geometri påvirkes også i stor grad av plasseringen til søyler og innvendige vegger.

Gulvet skal skilles fra søyler, fundamenter, sluk, renner etc., med fuger for å tillate bevegelser horisontalt og/eller vertikalt. Det bør benyttes minimum 20 mm skumplast (Ethafoam) rundt alle slike fastpunkter. Skumplasten skal dekke hele tykkelsen av gulvet, og den bør tapes eller festes på annen måte før støping starter for at plasseringen skal være sikret.

5.2.6.1 Bevegelsesfuger

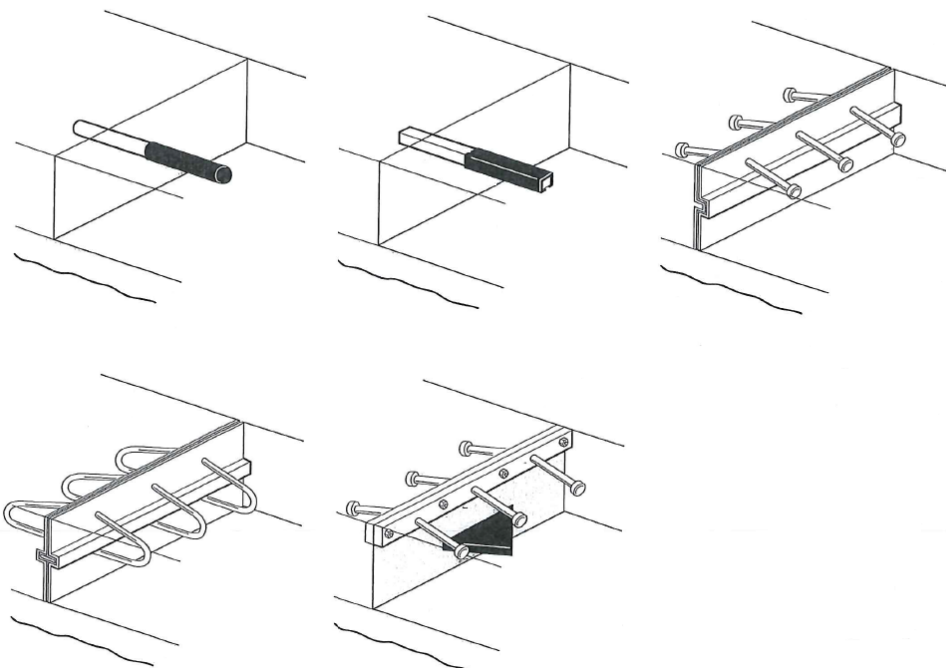
Bevegelsesfuger er alle fuger som tillater bevegelser i gulvet. Typiske eksempler er støpeskjøter, fuge mot vegg og fuger som skjæres for å dele opp dagsetapper i mindre felt. Slike skårene bevegelsesfuger skal normalt ikke ha gjennomgående armering, men det legges ofte inn dybler i disse fugene for å hindre vertikalbevegelse mellom feltene.

Støpeskjøt er en gjennomgående fuge i gulvet som kan utføres både med og uten dybler. En støpeskjøt er ofte avslutning på en dagsetappe. Eksempel på støpeskjøt med dybel vises i Figur 5-7.



Figur 5-7: Bilde av fuge med dybler og med 2 stk. stålplater som forsterkning av fugekantene

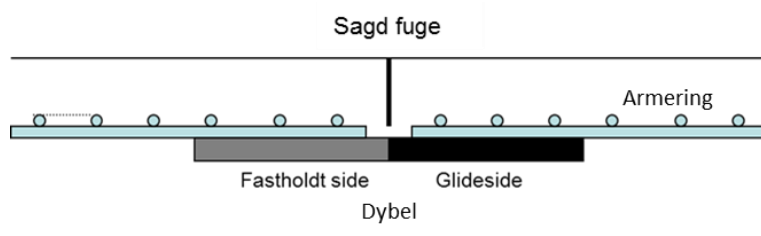
Eksempler på fugeprofiler er vist i Figur 5-8. Fugeprofilene er normalt i stål. Det kan benyttes fugeprofiler i andre materialer som for eksempel aluminium eller plast. Hvis gulvet skal slipes er det viktig å velge fugeprofiler som kan slipes, som for eksempel aluminium. Det er viktig å undersøke og sikre heften mellom betong og materialet i fugeprofilen. Aluminium må være belagt med et tett belegg, for eksempel epoxy, for å unngå gassutvikling og dermed redusert/ødelagt heft.



Figur 5-8: Eksempler på fugeprofiler /6/

Gulvet skilles fra vegg som gulvet beveger seg fra med plastfolie. Hvis det er veggflater gulvet beveger seg mot, innvendige hjørner, eller det forventes ekspansjon (på grunn av temperaturbevegelser), bør det benyttes minimum 20 mm skumplast. Se Figur 5-10.

Sagd fuge kan benyttes for å dele opp støpetapper i mindre felt. Størrelsen på feltene bestemmes ut fra betongens svinn og forventet/tillatt bredde på åpningen i den sagde fugen. Eksempel på sagd fuge (min 1/3 av gulvtykkelsen) med dybel er vist i Figur 5-9.



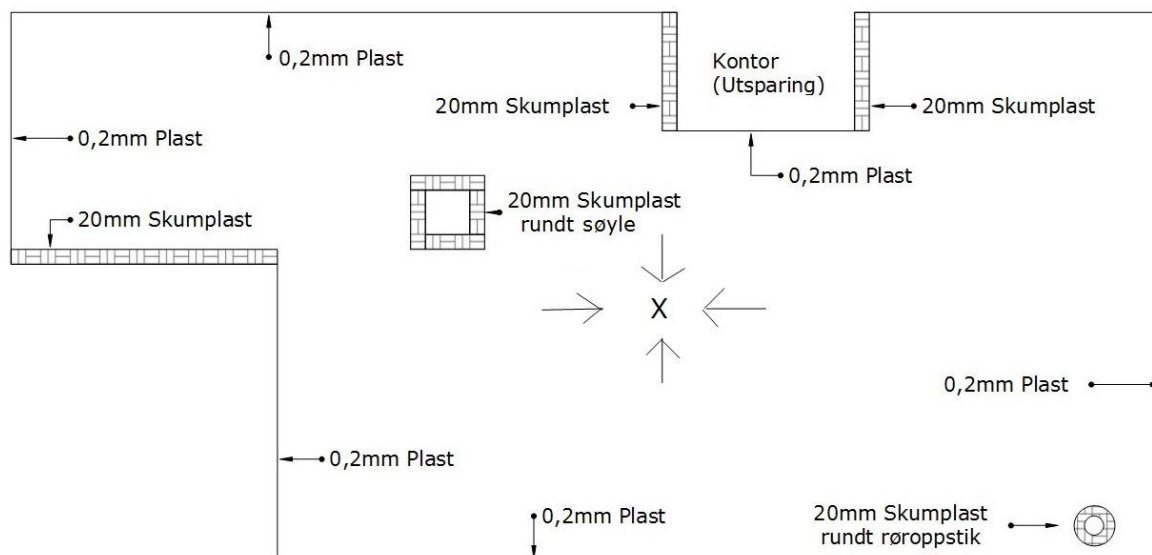
Figur 5-9: Sagd fuge uten gjennomgående armering med dybel

5.2.6.2 Fastholdingspunkter

Søyler, utsparinger og innvendige hjørner er typiske fastholdingspunkter. De må frigjøres fra betonggulvet med minimum 20 mm skumplast, se Figur 5-10. Krysset i senter av figuren viser 0-nullpunktet som gulvet vil bevege seg mot under ideelle friksjonsforhold.

Sluk og lange slukrister og andre gjennomføringer er vanskelige fastholdingspunkter.

Fastholdingspunktene må enten festes i det flytende gulvet og være frigjort fra undergulvet, eller så må de være festet til undergulvet og frigjort fra det flytende gulvet.



Figur 5-10: Eksempel på komplisert gulv med mange fastholdingspunkter

5.2.6.3 Dybler

Dyblene skal være påført hefthindrende middel på halve lengden av dybelen. Dyblene må monteres vinkelrett på fugen, for at fri bevegelse skal sikres, både horisontalt og vertikalt.

Der det kan forekomme horisontale forskyvninger parallelt med fugen mellom betongplater, må det benyttes dybler med spesielle hylser som gir mulighet for horisontale bevegelser. Slike dybler må være rektangulære med tilsvarende tverrsnittsareal som for runde dybler.

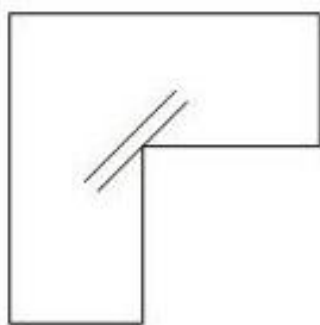
Forslag til prosjektering av dybler er angitt i kapittel 4.4.

5.2.6.4 Lydfuger

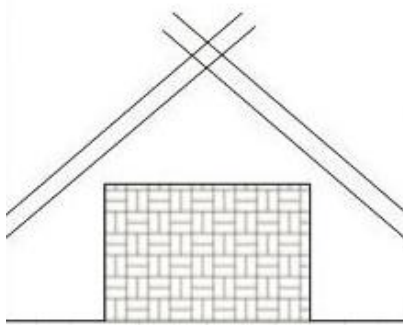
Lydfuger benyttes der det er krav til å bryte trinnlyden gjennom betongen. Lydfugen må prosjekteres ut fra lydkrav.

5.2.7 Detaljer

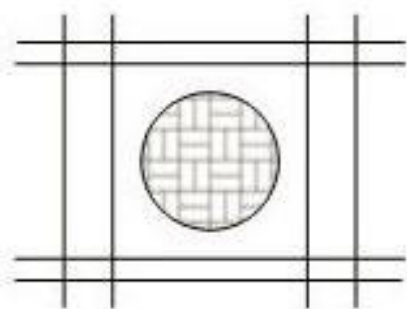
Flytende gulv bør armeres ekstra der hvor det er størst risiko for oppsprekking som vist i Figur 5-11. For eksempel 2-4 stk. Ø12-16 c/c 100 mm avhengig av krav til rissvidde.



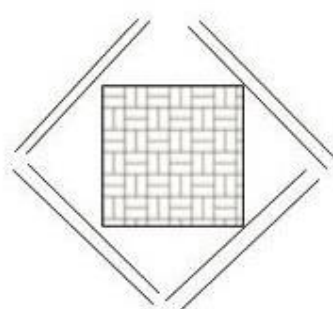
a) Innvendig hjørne



b) Pilaster



c) Sluk



d) Søyle

Figur 5-11: Eksempler på ekstra armering der det er størst risiko for oppsprekking

5.3 Fastholdte gulv

Fastholdte gulv er holdt fast på noen steder (langs kanter og i punkter) og har ingen mulighet til å bevege seg fritt mellom disse stedene. I fastholdte gulv må det forventes riss. Rissvidden i slike gulv bestemmes stort sett av armeringsmengden.

Slike gulv kan utføres med armering av kamstål eller fiber. I enkeltarmerte tverrsnitt bør armeringen plasseres i øverste halvdel siden det er mest gunstig i forhold til å begrense de synlige rissene på overflaten. Gulv som belastes med punktlaster kan i tillegg ha behov for armering i underkant.

De fibermengder som i dag normalt benyttes i rene fiberarmerte gulv ($25 - 35 \text{ kg/m}^3$) er ikke rissfordelende. For at bare fiber skal være rissfordelende i forhold til membranstrekk trengs det antakelig $60-80 \text{ kg/m}^3$ med stålfiber. Slike fibermengder kan gi utfordringer både med tanke på støpelighet og pumpbarhet.

5.4 Påstøp med heft

Minimumstykkelse på påstøp som limes fast til underlaget med epoxy blir i praksis bestemt av tilslaget D_{maks} . Betongens sammensetning bestemmes ut fra den tykkelse som påstøpen skal ha. Det

anbefales å velge $D_{\text{maks}} < 1/3$ av tykkelsen på påstøpen. Det vil si at en 30 mm påstøp bør ha $D_{\text{maks}} < 10$ mm.

Armering i påstøper vil begrense hvor mye påstøpen rakner ut fra (til hver side for) et riss. Det er imidlertid vanskelig å regne direkte på denne effekten fordi påstøpen må rakne noe for at det skal bli en rissvidde og spenninger i armeringen. Påstøper som er tykkere enn 50 mm bør likevel armeres. En fornuftig armering i slike påstøper kan være $2x A_{s,\text{min}}$ (nett eller eventuelt kamstenger).

Stålfiber er bedre egnet enn vanlig armering til å kontrollere riss i påstøper med heft fordi den kan antas å flyte i risset allerede ved en rissvidde på ca. 0,2 mm. Dette gjelder spesielt for tynne påstøper (opptil 50 mm). Det bør i dette tilfellet være så mye fiber i betongen at den har en midlere resttrekkfasthet på minst 1,0 MPa.

Påstøp med heft skal generelt ikke ha fuger da det øker risikoen for bom.

5.4.1 Forbehandling av underlaget

De aller fleste skader i forbindelse med påstøp skyldes manglende heft og derav bom. Årsaken til dette er ofte mangelfull forbehandling. Med forbehandling menes metoder for å sikre god heft til betongoverflaten. Rengjøring av en betongoverflate betyr å fjerne den tette sement huden samt fjerne støv, løse partikler og fett/olje som kan gi dårlig heft. De vanligste metodene er sliping, fresing og blastring.

For enkelte betongdekker med lav fasthet, kan heftegenskapene være så dårlige at liming av påstøp er en uaktuell metode, uansett hvilke forbehandlingsmetoder en benytter.

5.4.2 Heftbro

5.4.2.1 Epoxylim

Heft til underlaget er avgjørende for å unngå kantroising og bom. Det kan stilles krav til at heften skal være større enn betongens strekkfasthet. Dette kan oppnås ved bruk av epoxylim med riktige egenskaper. En påstøp limt med epoxy vil derfor kunne være kraftoverførende. Det vil si at et eventuelt brudd vil være i betong og ikke i limfugen. Ved liming med epoxy, må underlaget være tørt, fritt for støv og olje og det bør ha en temperatur som er over + 10°C. Epoxylimet kan sprøytes, ruller eller svabres ut. Betongen legges ut «vått i vått» i epoxy og nødvendige herdetiltak gjennomføres.

En usikkerhet med helliming med epoxy, er at muligheten for fukttransport i konstruksjonen endres da epoxy limet vil gi en tett "membran". Dette kan imidlertid være en fordel dersom en har en situasjon med oppstigende fukt mot et diffusjonstett beleg.

Heften bør dokumenteres i hvert enkelt tilfelle.

5.4.2.2 Sementbasert heftbro

Sementbasert heftbro vil gi en heft rundt 1 MPa. Den bør bestå av latex og vann i forholdet 1:2, som tilsettes sement og finsand i forholdet 1:1.

Sementbasert heftbro legges ut på forvannet betong, som er lett sugende uten overflatevann, og koster godt inn i underlaget. Metoden egner seg best til uarmerte og fiberarmerte påstøper. Dette fordi betongen må støpes "vått i vått" i den sementbaserte heftbroen.

5.4.2.3 *Kombinasjon av epoxylim og sementbasert heftbro*

Metoden sikrer at det ikke blir kanteising ved liming med epoxy i randsonen og ved støpeskjøter, og det gir tilfredsstillende heft for å unngå bom der det benyttes sementbasert heftbro. Randsonen med epoxylim bør være 0,5 m. Metoden egner seg best til uarmerte og fiberarmerte påstøper. Dette fordi betongen må støpes "vått i vått" i både epoxylimet og den sementbaserte heftbroen. Mange påstøper på bruer og kaier er utført på denne måten.

Eksempel på påstøp med epoxy og sementbasert heftbro er vist på Figur 5-12.



Figur 5-12: Liming av påstøp med epoxy i randsonen og sementbasert heftbro på de store arealene

5.4.3 **Støping**

Det skal benyttes betong som er egnet i henhold til de belastningene konstruksjonen er utsatt for. Betongen støpes "vått i vått" med heftbroen for å sikre god heft. Det er viktig å ikke legge ut heftbroen på et større areal enn at en rekker å legge ut betong før den tørker. Dersom betongen påføres heftbroen etter at det har herdet/bundet av, vil heftbroen virke tilnærmet som slippmiddel.

Betongen støpes ut, bearbeides og behandles ut fra krav til overflate og toleranse.

5.4.4 **Herdetiltak**

For å begrense risikoen for kanteising og bom på påstøper, er herdetiltak avgjørende. Påstøpene er tynne, det er lite vann pr. m² betongoverflate og konsekvensen av vann som fordamper i tidlig fase er stor. Se beskrivelse av herdetiltak i kapittel 6.5.

5.5 Påstøp på hulldekker

Hulldekker benyttes som etasjeskillere i leiligheter, forretningsbygg, sykehus, hoteller, parkeringshus etc. Hulldekker produseres og monteres med overhøyde og det vil derfor alltid være en form for påstøp på hulldekkene for å gi en ferdig plan overflate, eller som underlag for belegg, flis, parkett etc. Påstøpen kan være en avrettingsmasse eller en vanlig betong og den kan utføres både flytende og fastholdt.

I tillegg til å være avrettende, kan fastholdt påstøp også være konstruktiv. Den kan bidra til skivevirkningen til hulldekkene eller den kan danne kontinuitet og forsterke elementene over oppleggene/bjelkene. Utfordringen med hulldekker i denne sammenheng er bevegelsene i dekkene som hovedsakelig skyldes nedbøyning fra belastning og svinn i elementene etter at de er montert. Disse bevegelsene kan gi riss i påstøpen.

5.5.1 Flytende påstøp på hulldekker

For flytende påstøp på hulldekker gjelder de samme retningslinjene som for andre typer påstøper i denne publikasjonen, se kapittel 3.6.

5.5.2 Fastholdt påstøp på hulldekker

En fastholdt påstøp er enten fastholdt med armering til veggene eller med heft til hulldekkene.

En påstøp som er fastholdt til veggene, vil gi skivevirkning hvis den er armert med minimum $2x A_{s,min}$. I dette tilfellet er en ikke avhengig av å ha god heft til hulldekkene. Slike påstøper kan derfor støpes mot elementene uten heftforbedrende tiltak.

En påstøp som også skal øke kapasiteten til hulldekkene må sitte fast til elementene. Heften sikres ved liming med epoxy. Det er tilstrekkelig å lime bare der det er behov for samvirke, som stort sett er over bjelkene. Utførelse av liming med epoxy er beskrevet i kapittel 5.4.

Fastholdt påstøp der funksjonen kun skal være avretting og/eller underlag, kan støpes på hulldekkene bare limt med epoxy i randsonen, med en bredde på 0,5 m, for å hindre kantreising. Påstøpen bør ha en tykkelse på minimum 60 mm og største tykkelse er ofte 100 mm.

Betongsammensetning og armeringsmengder i slike påstøper bør være i henhold til Gulvklasse I eller II i Tabell 3-5. Armeringen kan monteres rett på hulldekkene, men skal ha en minimumsavstand til elementene på minst stangdiameteren, og ikke mindre enn 10 mm, for å sikre kraftoverførende egenskaper. En slik påstøp er vanligvis et godt nok underlag for fleksible herdeplastbelegg og parkett som skal limes. Det må imidlertid forventes en del riss i slike påstøper. Dersom det limes flis på slike påstøper, kan riss som kommer etter at flisen er limt gå gjennom flisbelegget.

Ved flislegging av slike gulv er det likevel riss over oppleggsbjelkene for hulldekkene (enten midt over eller på hver side av hattebjelker), som normalt er den største utfordringen. Det anbefales derfor at det skjæres noen forholdsvis grunne (10-20 mm) rissanvisere i påstøpen over oppleggene. Armeringen i påstøpen skal ikke skjæres av. Dersom elementene er opplagt på hattebjelker, skal det skjæres et slikt spor på hver side. Flisen må så tilpasses slik at det blir en fuge ved hvert spor.

6 Utførelse

6.1 Innledning

Kapittelet omhandler forhold som berører selve støpearbeidet. Forhold som gjelder oppbygging og avretting av bærelag for betonggulv på grunn er også omtalt. Montering av membran og isolering mot grunnen er ikke behandlet, da det ikke direkte berører utførelsen av betonggulvet. Hensikten med kapitlet er å beskrive de rutiner og forutsetninger som må ligge til grunn for å utføre en vellykket gulvstøp.



Kapittelet tar for seg kjente metoder, men tar også opp nyere teknikker som kan bidra til å bedre kvaliteten på det arbeidet som blir gjort med betonggulv. Det utføres flest mindre gulvstøper i størrelsesområde fra 50-500 m². I større industri- og lagerbygg snakker vi om store gulvflater på 5.000-20.000 m² og større. Arbeidsmetodene varierer etter størrelsen, men de grunnleggende prinsippene og krav til fagkunnskap er de samme.

Det er både i Norge og internasjonalt satt fokus på kvaliteten på betonggulv. Det utvikles i dag betongsammensetninger for gulv med tanke på estetikk, krav til rissvidder, fugefrie felt og holdbarhet. Mange av disse betongsammensetningene er utfordrende i forhold til utførelsen.

Dette kapitlet omhandler ikke regelverket utover å henvise til andre kapitler i publikasjonen. Eksempelvis er krav til planhet og retningsavvik behandlet i kapittel 3.2.3. Kapittelet om utførelse omhandler forutsetninger for en vellykket støp og støpeteknikker som kan benyttes for å oppnå spesifikke krav.

6.2 Planlegging av støpearbeidet

Gulv har mange arbeidsoperasjoner i tillegg til selve støpearbeidet: oppbygging av bærelag, kontroll av høyder, isolasjon, forskaling, eventuell radonsperre, fuktsperre, armering, kontroll av overdekning, avisolering mot fastholding, etablering av fuger, herdetiltak og kontroll av toleranse på ferdig gulv.

En forutsetning for et vellykket gulvprosjekt er at det foreligger et detaljert produksjonsunderlag fra den prosjekterende.

I tråd med økende krav til overflater, må betonggulvene få en mer sentral plass i planleggingen. Det betyr at det må planlegges bygging og framdrift slik at en får optimale forhold når gulvet blir støpt. Alle betonggulv med krav til overflate bør støpes og herdes under kontrollerte forhold. Utførelsen av gulvet skal foregå etter en skriftlig støpeplan som utarbeides av hovedentreprenør eller utførende som beskrevet i NS-EN 13670+NA punkt NA.8.2. Sammensetningen av betongen har stor betydning for svinn og opprissing. Hvilken armering det brukes påvirker også framdrift, valg av utstyr og bemanning.

6.2.1 Betongtype

Betongtype avhenger av hvilken eksponeringsklasse, bestandighetsklasse, fasthetsklasse og støpelighet som er beskrevet. I tillegg vil krav i Gulvklasetabellen påvirke betongsammensetning og de ferske betonegenskapene. Se kapittel 3.7.

6.2.2 Valg av armeringstype

Hensiktsmessig armering for støpen velges under prosjektering og planlegging. Punktene under viser fordeler og ulemper ved bruk av fiber i stedet for armeringsnett eller stangarmering.

Fordeler:

- Betongbil direkte inn i støpefelt
- Sparer tid på armeringsarbeid
- Mulig med bruk av maskinell utlegging og avretting med tunge maskiner
- Gir en betong med økt bruddseighet
- Støpefeltet er tilgjengelig helt til støpedagen
- Lett å jobbe med (ingen tråkking på armering)
- En direkte konsekvens av at det benyttes fiberarmering, er at armeringsarbeidet reduseres til utsparinger, søyler, utvendige hjørner, sluk og renner

Forhold som kan ha betydning:

- Fiberoppstikk og misfarging. Lang, tynn fiber gir større problemer med oppstikk enn kort fiber
- Ved fiberoppstikk kan krater oppstå under stålglatting
- Ved fastholding blir rissene ofte færre og større enn med nettarmoring
- Ved store riss er det stor risiko for at fibre ryker og det oppstår nivåforskjell
- Fare for ujevn fordeling av fiber (fiberballer)
- Ved bruk av polymerfibre kan fiberen flyte opp

6.2.3 Støpemønster og etapper

Mindre gulv på grunnen kan legges ut i en sammenhengende operasjon, mens større gulv ofte deles opp i dagsetapper. Hvor store flater som kan støpes ut i en dagsetappe er avhengig av flere forhold, blant annet omgivelsene rundt gulvet, betongsammensetning, bemanning, støpeutstyr, støpeteknikk og krav til overflate.

6.2.4 Inntransport av betong

Det er viktig å unngå transport som kan føre til separasjon i betongen og tunge manuelle arbeidsoperasjoner. Metoder som benyttes for inntransport må også være i forhold til beregnet størkningstid for betongsammensetningen.

Utstyr må velges etter hva som er hensiktsmessig. Nedenfor er det listet opp alternative transportmåter:

- Trillebårer (manuelle eller motoriserte)
- Betongtobb og kran
- Hydrauliske teleskoprenner eller transportbånd (rekkevidde 7-16 meter). Betongen kan leveres i en sektor på 180° bak bilen. Fordelen med transportbånd i forhold til renne er at betongen kan leveres når oppstillingsplassen ligger lavere enn støpestedet.
- Tilhengermontert betongpumpe
- Betongbil med påmontert pumpe med et 4-delt utleggstårn opptil 30 meter. I tillegg kan det skjøtes på rør/slanger for å øke rekkevidden.
- Mobil pumpe med fordelermast. Disse har en rekkevidde på opp til ca. 60 meter.

6.2.5 Kontroll av betongen på byggeplass

Ved mottak av betongen på byggeplass, skal følgeseddel kontrolleres og signeres. Dette for å sikre at mottatt betong er i henhold til bestilling. I tillegg gjøres en visuell kontroll av betongen, spesielt med tanke på støpelighet, vannutskillelse og stabilitet. Det anbefales også at det måles synk og utbredelse ved oppstart og hvis betongen endrer karakter. Følgende bør i tillegg måles:

- Betongtemperatur
- Luftinnhold (der det er krav til luftinnhold)

6.2.6 Metoder for å trekke av betongen

En velger den metoden som er hensiktsmessig for støpearbeidet. Metoden som velges er avhengig av hvilke krav som stilles til utførelse, størrelsen på gulvet, tilgjengelig mannskap og utstyr og ikke minst hvilken metode en behersker. Forskjellige metoder er beskrevet i kapittel 6.4. Valg av metode må være avklart på forhånd, og bør beskrives i støpeplanen.

6.2.7 Værforhold og nedbør

Støpearbeidet må tilpasses værforholdene på støpetidspunktet, som temperatur, luftfuktighet, vind, direkte solskinn og nedbør.

6.3 Utførelse av gulvstøpen

6.3.1 Innledning

Underlaget skal være planert innenfor toleranser gitt i produksjonsunderlaget. Underlaget skal være tilstrekkelig komprimert. Grovjustering av bærelaget kan gjøres med gravemaskin med skjær eller andre maskiner. Til finjustering anbefales fraksjon 0-16 mm og at høyden settes ut med planlaser. Se kapittel 3.2.1 om krav til toleranser for bærelaget.

Flytende gulv krever et glidesjikt for å hindre fastholding. Krav i TEK 10 tilsier at alle bygg skal ha radonsperre, som i noen tilfeller er tilstrekkelig som glidesjikt. Der radonsperren ikke kan brukes, monteres 1-2 lag plast under betongen.



Figur 6-1: Komprimering og avretting av bærelag

6.3.2 Støpetapper og rekkefølge

Størrelse og rekkefølge på støpetappene må planlegges ut fra byggherrens ønsker og praktisk gjennomføringsevne. Dersom gulvet er delt inn med fuger (se kapittel 3.3.1 og 5.2.6), vil det vanligvis være hensiktsmessig å tilpasse støpetappene til enkelte av fugene. Se kapittel 5.2.6 for utførelse av fuger.

Det kan være behov for detaljerte støpeplaner og –prosedyrer for krevende støper, som gjennomgås av de involverte partene i forkant av støpen.

6.3.3 Utlekking og komprimering

Betongen skal legges ut kontinuerlig i mest mulig riktig tykkelse og på rett sted, slik at horisontal transport av betongen unngås. Selvkomprimerende betong (SKB) skal ikke komprimeres. Ved bruk av vibrerbar betong med tilstrekkelig flyt, kan komprimeringen baseres på bruk av flytavretter for gulvtykkelser opp til 10 cm. NS-EN 13670+NA anbefaler bruk av vibreringsutstyr som stavvibrator ved gulvtykkelser over 10 cm.

Vurder behov for to eller flere støplelag for å redusere faren for plastiske setningsriss. Behov for pause i støpearbeidet vurderes før øverste lag (fra underkant av den horisontale topparmeringen) støpes. Det er viktig med god komprimering ned i underliggende lag og god kontroll med støpe- og herdefronten.

6.3.4 Utstøping av gulv som skal slipes

Kvaliteten på utførelsen av støpearbeidet er avgjørende for sluttresultatet. Utlekking av betongen må planlegges slik at det ikke tråkkes i allerede utlagt betong. Det er også viktig med lite variasjon i betongens konsistens. Dette for å unngå variasjoner med grovt og fint tilslag, som ikke vil gi samme uttrykk, i overflaten. Overflaten bør glattskures. Skureprosessen må starte så sent at det ikke setter spor etter skosålene mer enn 2-3 mm. Blir det dype spor, vil dette bli synlig etter sliping. Dette gjelder spesielt når det er ønske å få frem det grove tilslaget.

6.4 Sluttbehandling av overflaten

6.4.1 Innledning

De mest vanlige måtene å bearbeide overflaten på er avtrukket, skurt, glattskurt og stålglatte, som alle kan brukes enten som permanent sluttbehandling eller som grunnlag for videre bearbeiding. Glatting eller glatteprosessen er en fellesbenevnelse for skuring, glattskuring og stålglatting og kan innebefatte en eller flere av prosessene. I kapittel 7.4 og 7.5 vises en mer komplett oversikt over ulike sluttbehandlinger av overflater.

En avtrukket overflate utføres med alt fra enkle rettholter til avanserte fagverksbrygger. Overflaten er egnet hvor det skal legges et topplag, avrettingsmasser, videre gulvoppbygging eller grunnlag for skuring.

En skurt overflate utføres med skureskive i en eller flere operasjoner. Skuring foregår når størkningen av betongen er kommet så langt at den kan bære maskinelt utstyr med operatør uten å ta skade. Skurt overflate kan være ferdig overflate eller grunnlag for blant annet stålglatting og slipt gulv. Glattskurt overflate oppnås ved å skure med skureskive i flere omganger slik at overflaten blir jevn uten grader etter skureskiven.

En stålglatte overflate utføres med stålvinger, som er en fortsettelse av skureprosessen. Overflaten blir glatt, hard og slitesterk og egner seg på alle synlige betongoverflater innendørs som er utsatt for slitasje. Eksempler på dette er gulv i industribygg, lagerbygg og produksjonslokaler. Stålglatte betong brukes også dekorativt i boliger og publikumsbygg. Overflatebehandling tilpasses bruk og krav.

6.4.2 Avtrekking

Avtrekking beskriver prosessen med å plassere betongen, avrette i rett høyde og komprimere. Utstyr for avtrekking kan variere fra enkle rettholter for manuell behandling til avanserte fagverksbrygger som strekker seg over store spenn. Kostbart og avansert utstyr som laserstyrt bom med eget kjøretøy er blitt vanlige på store støper internasjonalt, men i mindre grad i Norge.

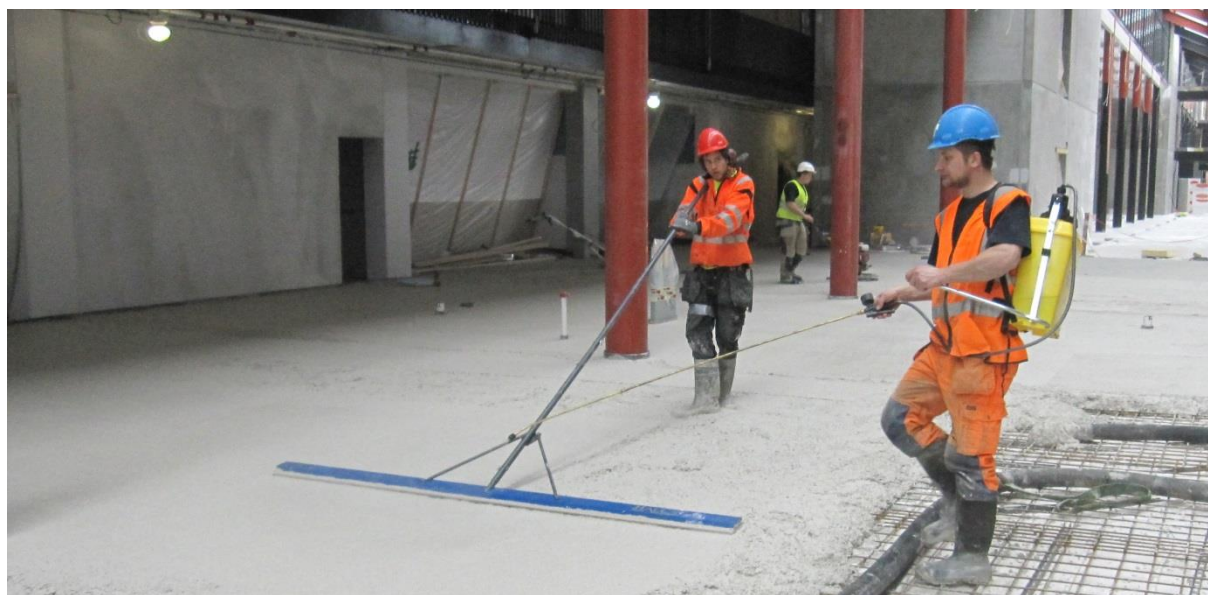
Avtrekkingen må planlegges slik at betongen blir lagt i en sammenhengende prosess uten opphold. Prosessen avsluttes før evt. fritt vann stiger til overflaten. I takt med utviklingen av betong og teknologi tas stadig nye metoder i bruk. Det er derfor viktig å holde seg oppdatert på nye produksjonsmetoder, utstyr og utvikling av håndverket.

Av alle fasene i støpen er nøyaktig avtrekking mest avgjørende for å oppnå de toleransene som er satt på høyde- og retningsavvik. For å oppnå riktig høyde før betongen plasseres og trekkes av, må det settes av tid for kontroll av høyden.

6.4.2.1 Avtrekking ved bruk av laser og flytavretter (dissestav)

Betonggulv med tykkelse opp til 100 mm kan komprimeres med flytavretter forutsatt bruk av riktig sammensatt flytbetong.

Utlegging og avtrekking med laser og planering med flytavretter er en mye brukt metode for legging av store flater. Kombinasjonen av betongpumpe og høydemåling med laser er produktiv metode. Denne er utbredt i Norge. Riktig utført med erfarne fagfolk, kan en støpe ut store dagsetapper og samtidig være innenfor strenge toleransekrav.



Figur 6-2: Bruk av flytavretter/dissestav

6.4.2.2 Avtrekking med motorisert avretter

Dette er også en effektiv metode godt egnet til store gulvstøper og ligner mye på å støpe med laser og manuell flytavretter (dissestav).

Fordelen med motorisert avretter framfor dissestav er at den fungerer bra også med stivere betong og der det er fall. Ved å ta denne metoden i bruk i tillegg til for eksempel flytavretting, blir gulventreprenøren bedre rustet til å variere metoden i møte med forskjellige typer gulv og betongresepter.

Motorisert avretter sørger for at overflaten blir godt komprimert. Hvis en ønsker kun en avtrukket overflate, gir metoden en optimal overflate.



Figur 6-3: Bruk av motorisert avretter

6.4.2.3 *Avtrekking med laserstyrt maskin*

Avtrekking med laserstyrt maskin er en effektiv og nøyaktig metode for utlegging. Metoden tillater at en kan legge store flater på en arbeidsøkt. Dette er et stort tungt kjøretøy og metoden egner seg der en bruker fiberarmert betong og der det jobbes på bakkenivå. Ergonomisk slipper en mange tunge arbeidsoperasjoner, metoden gir derfor et bedre arbeidsmiljø. Ulempen er manglende fleksibilitet og at utstyret er kapitalkrevende.



Figur 6-4: Avtrekking med laserstyrt maskin

Figur 6-5 viser en mindre og lettere variant som også kan brukes på armerte gulv.



Figur 6-5: Avtrekking med balansert laserstyrt avtrekker på hjul

6.4.3 Glattetidspunkt

Dersom gulvet skal skures og/eller stålglattes, må betongen ha størknet tilstrekkelig før glattingen kan begynne. Glattetidspunktet avhenger av forhold som lufttemperatur, temperatur i tilstøtende

flater, luftfuktighet, vind, betongresept, gulvtykkelse og betongtemperatur. Å starte glattingen på rett tidspunkt krever kunnskap og erfaring. Det er viktig å vente så lenge som mulig for blant annet å redusere faren for delaminering, se kapittel 7.3.6.

For betonger som er spesielt utsatt for plastisk svinn må herdemebran påføres umiddelbart etter avtrekking. Dette gjelder også ved bruk av M60 betong når værforhold gir spesielt ugunstige avdampingsforhold. Se prosedyre for herdetiltak i kapittel 6.5.4.

Ved for tidlig glatting, mens den underliggende betongen fortsatt er plastisk, kan såkalt «hengemyr» oppstå, dvs. at betongen gynger når en begynner å glatte. Risikoen for hengemyr øker med økende temperatur i betongoverflaten, økende avdamping og økende størkningstid for betongen.

Rett glattetidspunkt er viktig for å oppnå ønskede funksjonskrav. For tidlig glatting vil føre til lavere overflatefasthet og dårligere slitestyrke, samtidig som faren for ulike skadetyper øker, se kapittel 7.3. For sen glatting fører til at det blir vanskeligere å utføre glattingen, og ved alt for sen glatting kan overflaten være så hard at en ikke oppnår full komprimering med en rimelig glatteinnsats.

6.4.4 Skuring

Hensikten med å skure betongoverflaten er å få en kompakt overflate og eventuelt gjøre betongoverflaten klar til videre bearbeiding.

Som nevnt i forrige kapittel, skal en vente så lenge som mulig med skuringen. Skuring må aldri forekomme når det er fritt vann på overflaten. En pekepinn på når overflaten er klar for skuring er et fotavtrykk i overflaten på 3-4 mm. Å velge riktig tidspunkt krever fagkunnskap og erfaring.

Arbeidet med skuring må foregå raskt og effektivt. Særlig gjelder dette ved høye temperaturer i kombinasjon med vind og betong med lave masseforhold. Det er viktig å ha mannskap og utstyr nok til å gjennomføre skuringen.



Figur 6-6: Fotavtrykk i betongen som indikerer at det er klart for skuring. I praksis bruker en erfaring og skjønn.

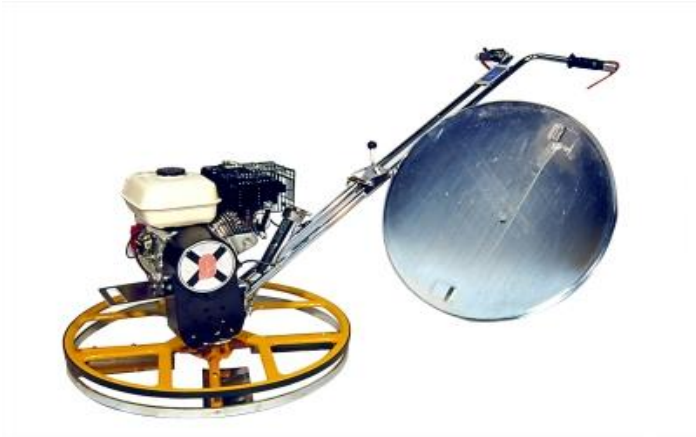
6.4.4.1 Skuring med håndbrett

Skurebrett av plast blir benyttet på små flater og langs kanter, og er viktig for detaljer i utførelsen.

6.4.4.2 Skuring med glattemaskiner

Glattemaskinen settes på betongen når betongen har størknet tilstrekkelig. Skuring med maskin utføres med skureplate.

På større gulv er det rasjonelt å bruke dobbelglattere. Bruk av tunge dobbelglattere krever at en venter så lenge en kan. I praksis skurer en først med en enkeltglatter langs kantene og på de stedene som er vanskelig å komme til. I etterkant skurer en de store flatene med dobbelglatter.



Figur 6-7: Liten glattemaskin for skuring av mindre flater og kanter



Figur 6-8: Skuring med dobbelglatter

6.4.5 Stålglatting

Hensikten med å stålglatte betongen er å få en tett, glatt og hard overflate. Går glatteprosessen flere runder, er dette et tidkrevende arbeid. Et kontrollert resultat med høy kvalitet krever at fagfolkene er spesialister på prosessen og på utstyret. Under normale forhold må en ta høyde for at hele prosessen tar mer enn en normal arbeidsdag. Det betyr at en på større gulv må planlegge for minst 2 skift.

6.4.5.1 Stålglatting for hånd

Stålbrett benyttes når slik overflate er spesielt beskrevet, i små rom som ikke er tilgjengelig for glattemaskin. Stålglatting for hånd foregår også rundt søyler, langs vegger eller der en etablerer mindre fall mot for eksempel sluk. Det er viktig at mannskapet kan de grunnleggende teknikkene med håndbrett.

6.4.5.2 Maskinell stålglatting

På samme måte som for stålglatting for hånd, starter maskinell stålglatting etter at overflaten er ferdig skurt. En venter til overflaten er matt og hard nok til at en kan gå på betongen uten å sette markerte merker. Mannskapet må ha trening og erfaring med styring av maskinen før de glatter gulv med krav til overflate og finish.



Figur 6-9: Glattemaskin med stålvinger som egner seg til stålglatting



Figur 6-10: Dobbeltglatter er et svært produktivt verktøy for å glatte større gulv

6.5 Beskyttelse av nystøpte betonggulv - herdetiltak

6.5.1 Generelt

Gulvet skal tildekkes med en gang gulvet er støpt og ferdig behandlet. På den måten hindres uttørking av gulvet og sikrer gode herdebetingelser. NS 3420-L angir ulike typer herdetiltak og NS-EN 13670+NA angir herdeklasser.

Betong må ikke utsettes for frost før den har nådd en trykkfasthet på 5 MPa.

Hensikten med beskyttelse og herdetiltak er å forhindre fordamping fra overflaten for å oppnå følgende:

- redusere risiko for plastiske svinnriss
- sikre at betongen får den fastheten og bestandigheten som er prosjektert og beskrevet for gulvet i hele tverrsnittet

Herdetiltakene må settes i verk så snart det er praktisk mulig etter at gulvet er utstøpt.

6.5.2 Typer herdetiltak

Det finnes i hovedsak 3 ulike herdetiltak:

- Herdemembran
- Vanning, eventuelt i kombinasjon med fiberduk
- Plastfolie/Ethafoam

Disse kan også brukes i kombinasjon.

6.5.3 Minste periode med herdetiltak

I Gulvklasse I og II forutsettes det Herdeklasse 4, i Gulvklasse III forutsettes det Herdeklasse 3. Der det stilles ytterligere krav til herdetiltak, skal det angis i produksjonsunderlaget.

Tabell 6-1 og Tabell 6-2 viser veiledende minste periode med herdetiltak for ulike betongtyper med ulik betongoverflatetemperatur.

Tabell 6-1: Minste veiledende periode med herdetiltak for Gulvklasse I og II

Betongtype	Betongoverflatetemperatur		
	>15	15-10	10-5
	Dager med herdetiltak		
Ordinær	5	7	9
Lavkarbon A Lavvarme	9	13	18
CEM III/B	12	21	30

Tabell 6-2: Minste veiledende periode med herdetiltak for Gulvklasse III

Betongtype	Betongoverflatetemperatur		
	>15	15-10	10-5
	Dager med herdetiltak		
Ordinær	2	2,5	3,5
Lavkarbon A Lavvarme	4	7	8
CEM III/B	7	12	18

Ordinær betong i tabellene er bindemidler med lave/moderate mengder tilsetningsmaterialer, for eksempel STD-FA sement, som typisk har «hurtig» fasthetsutvikling i henhold til tabell 16 i NS-EN 206+NA. Lavkarbon A og Lavvarmebetong har store mengder flygeaske (opp til 35-40 %), eller moderate mengder slagg (opp til 65 % slagg), og typisk «middels» fasthetsutvikling, mens CEM III/B er slaggsement med over 65 % slagg og har typisk «langsom» fasthetsutvikling.

6.5.4 Prosedyre for herdetiltak

Tildekking med plast umiddelbart etter avtrekk er den mest effektive beskyttelsen mot fordampning fra den ferske betongoverflaten, men dette er ofte vanskelig å få til i praksis. I normalsituasjonen anbefales derfor bruk av egnet herdemembran, avhengig av betongens masseforhold og fordampingsforhold som vist i Tabell 6-3.

Tabell 6-3: Beskyttelse med herdemembran avhengig av betongens masseforhold og fordampingsforhold

Masseforhold	Fordampingsforhold
≤ 0,50	Alltid
> 0,50	Ved ugunstige forhold: sol, vind, lav RF, høy fersk betongtemperatur

Det vil kunne være kombinasjon av krav til betongoverflate, betongkvalitet og fordampingsforhold som gir så stor sannsynlighet for utilsiktet overflatekvalitet at støpen bør utsettes. Produksjonsleder for utførelsen er ansvarlig for å gjøre denne vurderingen.

Følgende herdetiltakprosedyre forutsettes når tildekking med plast umiddelbart etter avtrekk ikke lar seg gjøre:

- Herdemembran umiddelbart etter avtrekk i henhold til Tabell 6-3
- Tildekking med plast umiddelbart etter avsluttet overflatebearbeiding (og evt. vann etter at betongoverflaten har fått minimum 1 døgnns modenhet), og i perioden herdeklassen tilsier

6.5.4.1 Herdemembran

Mengde herdemembran skal påføres i henhold til produktdatabladet. Vannbaserte herdemembraner foretrekkes fremfor løsemiddelbaserte med hensyn til HMS.

Effekten av herdemembran reduseres raskt og må etterfølges av andre herdetiltak. Noen herdemembraner, spesielt de voksbaserte, kan påvirke etterfølgende behandling av gulvet ved at de danner et sjikt som reduserer heft. Følg produktets anvisninger.

6.5.4.2 Vanning

Normalt er vanning det mest effektive herdetiltaket, men det er ofte upraktisk. Tiltaket trenger tilsyn, det kan fryse eller det kan hindre andre arbeider.

6.5.4.3 Plastfolie

Dette er en utbredt metode der folien fullstendig dekker betongen. Folien hindrer vannet i å fordampe. Det er viktig at platen også holdes på plass der det er trafikk, eller når den er vindutsatt.



Figur 6-11: Tynn folie lagt over ferdig gulv umiddelbart etter glatting

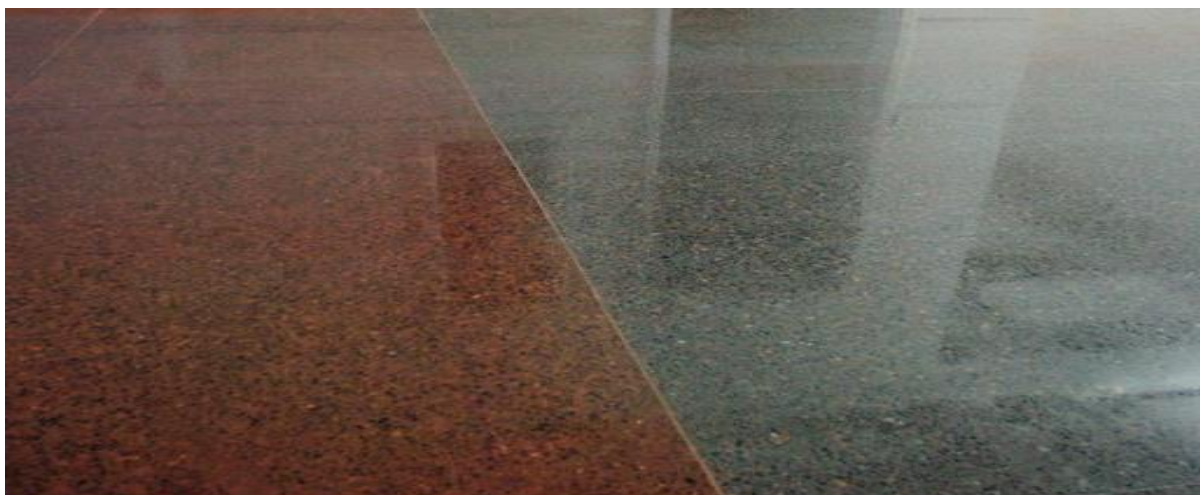
6.5.5 Beskyttelse av gulvet mot skader

Dersom byggearbeider skal foregå på gulvet, må det beskyttes mot trafikk og produkter eller handlinger som kan skade eller misfarge gulvet. Dette er spesielt viktig der det er stilt krav til overflaten. Der slike krav stilles, må tiltak for å beskytte gulvet beskrives i produksjonsunderlaget.

7 Overflater

7.1 Innledning

De siste årene er det blitt større fokus på betongoverflater når det gjelder utforming og estetikk. Betong er et dominerende materiale i mange bygg og påvirker omgivelsene våre både ute og inne. Kapittelet gir et overblikk over overflater på betonggulv og hvordan de produseres, tilpasset ønskede ytelser og utseende.



Kapittelet er ment å gi en forståelse av hva som kreves for at overflaten skal få bestemte egenskaper og utseende. Krav til toleranser er behandlet andre steder i publikasjonen, se kapittel 3.2.3.

Produksjonsunderlaget skal angi spesifikke krav til utseende og egenskaper for overflaten der dette er nødvendig. Byggherre sine krav og forventninger må avklares i mest mulig grad før overflaten beskrives i detalj. Det må også dokumenteres at entreprenøren har kapasitet og evne til å utføre det som er beskrevet.

7.2 Overflatekrav

Beskrivelsen av overflaten må angi bestemte krav til ytelse, bruk og utseende.

Eksempler på slike krav kan være:

- Estetikk
- Riss og rissvidder
- Væsketetthet i forhold til søl
- Slitestyrke
- Styrke for overføring av punktlaster
- Støvfrihet
- Sklisikkerhet
- Kjemikaliemotstand
- Planhet

Kravene er nærmere diskutert i kapittel 3.1 og 3.2.

Betongoverflaten påvirkes både av betongens indre egenskaper og ytre forhold, og det kan derfor være vanskelig å kopiere utseendet fra et gulv til et annet. Dette kan være utfordrende både for entreprenøren og bestiller. Ved prosjekter der det stilles helt spesielle krav til overflate og struktur, anbefales en fullskala prøvestøp.

7.3 Skadetyper

7.3.1 Plastiske svinnriss

Plastiske svinnriss oppstår hvis tilstrekkelig mengde vann fordamper fra overflaten når betongen fortsatt er plastisk, dvs. i tidsrommet fra avtrekk til glatting. Plastiske svinnriss opptrer ofte som et «vilt» mønster og kan ha rissvidder opp til 4-5 mm. Plastisk svinnriss går ofte ned til ca. halve tykkelsen av gulvet, eller ned til øverste armeringslag. I tynne gulv kan slike riss være gjennomgående.

Årsaken til plastiske svinnriss er at det ved avdamping av fritt vann fra overflaten dannes et undertrykk i betongens porevann. Dette fører til strekkspenninger i betongen på et så tidlig tidspunkt at betongen foreløpig ikke har utviklet strekkfasthet, noe som fører til at strekkspenningene gir riss.



Figur 7-1: Plastiske svinnriss

Avdampingen fra betongoverflaten øker med synkende lufttemperatur og RF, økende betongtemperatur og vindhastighet.

Betonger med lave masseforhold og mye finstoff (for eksempel M40 og SV-betonger) er spesielt følsomme med hensyn til plastiske svinnriss. M60 betonger med reduserte steinmengder inneholder økt bindemiddelmengde og finstoff, noe som også fører til mindre robusthet mot denne type opprissing.

Tiltak som vil redusere faren for plastiske svinnriss:

- Påføring av egnet herdemembran umiddelbart etter avtrekk. Mengde er først og fremst avhengig av herdemembrantype, betongens masseforhold, betongtemperatur og tørkeforhold.
- Betongkvaliteter med mye stein og høye masseforhold, for eksempel ureducerte sammensetninger i M60 og M90 kvalitet.



Figur 7-2: Plastiske svinnriss som er kommet til syne etter sliping

7.3.2 Plastiske setningsriss

Plastiske setningsriss er en følge av mangelfull komprimering, og kommer frem som 1-3 mm brede riss over den horisontale topparmeringen og skjer i betongens plastiske fase. Rissene går ofte ned til armeringen eller litt dypere. Risikoen for plastiske setningsriss øker med tykkelsen av gulvet.

Tiltak som vil redusere faren for plastiske setningsriss:

- Tilstrekkelig vibrering for normal betong
- En stabil betong med liten risiko for separasjon.
- Bruk av selvkomprimerende betong

Mange av dagens SP-stoffer er positive med tanke på å begrense risikoen for plastiske setningsriss.

7.3.3 Svinnriss

Svinnriss er en kombinasjon av uttørking og autogent svinn og oppstår når gulvet er fastholdt i konstruksjoner eller av sin egen vekt. Denne type riss er normalt gjennomgående i tverrsnittet. Normalt har disse rissene lite å si for styrken og funksjonen til gulvet hvis de er $< 0,5$ mm, men dette vil være avhengig av hvilken belastning gulvet utsettes for. For punktlaster vil slike riss vanligvis representere en generell lokal svekkelse et stykke til hver side for risset. Mange faktorer kan bidra til at disse rissene oppstår og det er derfor vanskelig for entreprenøren å garantere rissfrie gulv.

Ønskes helt svinnriss-fri overflate, må det settes inn helt spesielle tiltak, se kapittel 3.6.1.



Figur 7-3: Eksempel på et grovt svinnriss

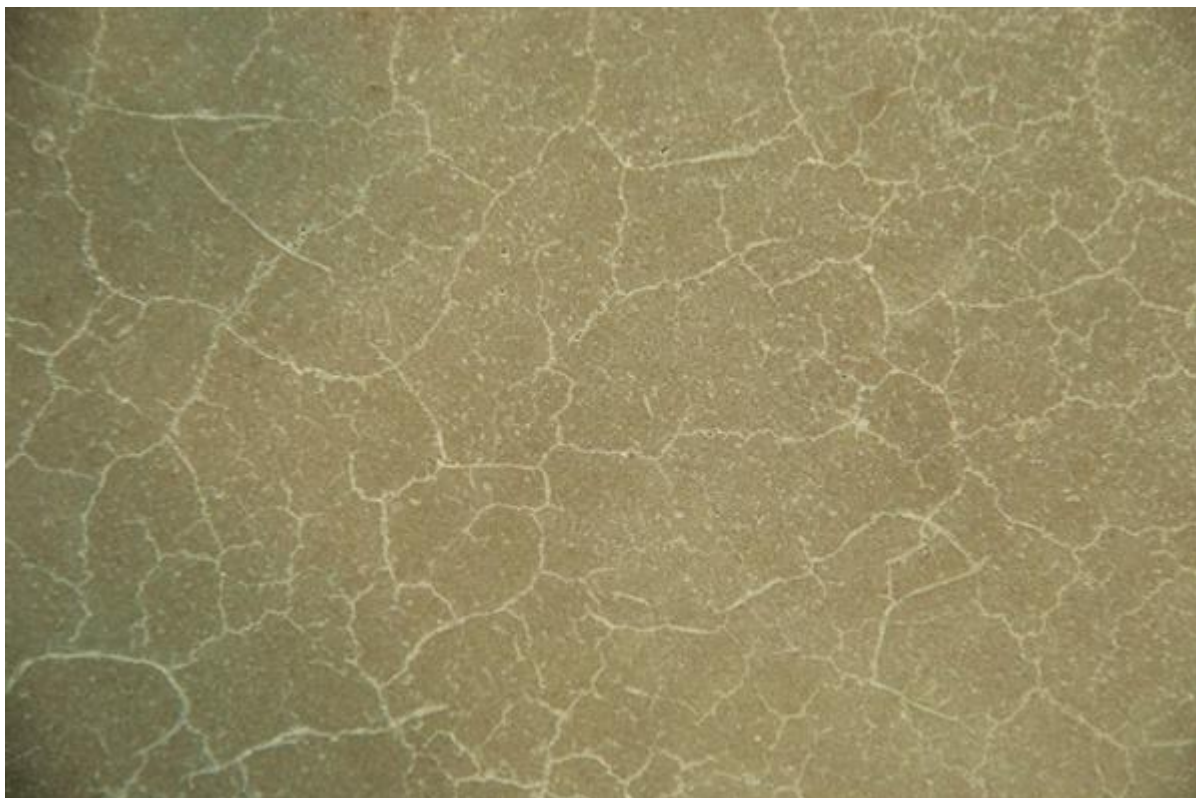
7.3.4 Bøyningsriss

Bøyningsriss kan oppstå på grunn av kantroising, se 3.4.5. Med svinnpotensialet betong har i Gulvklasse III og IV, må det forventes at det vil bli bøyningsriss. Gode herdetiltak for å sikre mest mulig homogen fuktprofil er gunstig. Hvor bøyningsrissene oppstår og avstand mellom rissene, vil være styrt av lokale svakheter i betongen og av armeringsmengde og plassering i tverrsnittet. I tillegg vil denne rissformen være påvirket av belastningen på gulvet. Ut fra faren for denne typen riss, er det først og fremst ønskelig med armering i overkant av gulvet. Bøyningsriss går typisk dypere enn til midten av tverrsnittet.

7.3.5 Krakelering

Krakelering er små riss i et «vilt» mønster i overflaten. Det er vanlig med slike riss i gulv som er stålglatte. Krakelering har vanligvis kun betydning for utseende og har ikke effekt på struktur eller vedlikehold.

Faren for krakelering øker med økende differansesvinn, det vil si med økende forskjell i svinn mellom overflatesjiktet og lengre ned i betongen. Høy konsistens og separasjonstendens øker differansesvinnet og krakeleringfare. Risikoen for krakelering begrenses hvis overflaten ikke stålglatte for hardt eller kun skures eller glattskures.



Figur 7-4: Krakelering

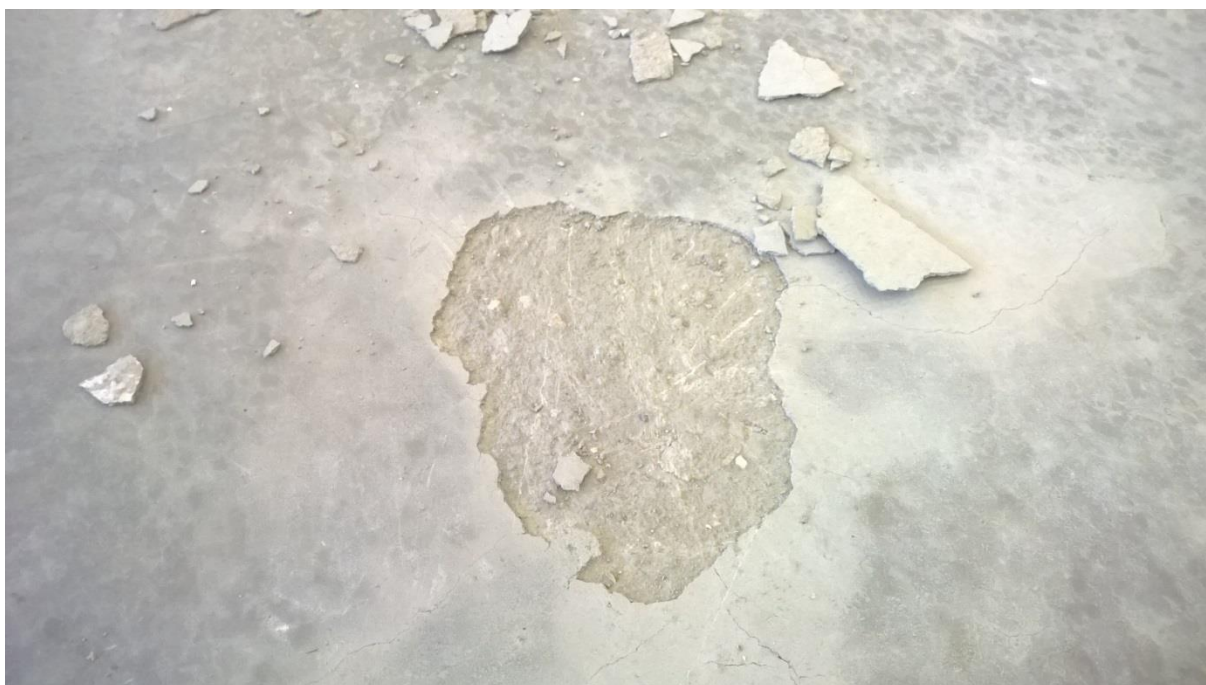
7.3.6 Delaminering

I de fleste overflater med delaminering har et tett overflatesjikt på typisk 3 til 10 mm sluppet fra underliggende betong. Dette skjer hovedsakelig på grunn av for tidlig skuring eller at betongen er separert. Dette fører til et svakt sjikt av separert vann og luft under den tette overflaten. Med avsluttende hard stålglatting blir de mekaniske påkjenningene for det svake sjiktet for stort. Betongens overflate kan være delvis opprisset og med fargeforskjeller på grunn av hurtig tørking/størkning av det tynne overflatesjiktet, se Figur 7-5.

Delaminering kan være vanskelig å oppdage under glatteprosessen, men kommer ofte til syne etter hvert som betongen herder. Skaden kan være opp til tallerkenstore felt, og som kan eskalere til større arealer etter hvert som uttørkingssvinn og spenningsoppbyggingen i overflatesjiktet øker.

Delaminering, der flak ikke har løsnet, kan oppdages som bom ved at en hører en hul lyd i betongoverflaten.

Faren for delaminering øker dersom overflaten blir forseglet med glatteprosessen så tidlig at den underliggende betongen fortsatt er plastisk, og at dermed vann og/eller luft fortsetter å evakuere opp mot det forseglede toppsjiktet. For tidlig glatting vil typisk være når det skjer en avdamping fra overflaten i forkant (avdampingen øker med synkende lufttemperatur og RF, og økende betongtemperatur og vindhastighet). Da vil overflaten bli hard, og oppfattes som klar for glatting, før størkningen av den underliggende betongen har kommet langt nok. Støping på kaldt underlag og retardert betong vil forsterke forskjellen mellom hardhet i toppsjiktet og nedover i betongen, i tillegg vil betong med mye finstoff og lave masseforhold (M40 og M45) være mer sårbare for uttørkingseffekten (som for plastiske svinriss, se kapittel 7.3.1). Betong med høy konsistens som fører til et pastarikt toppsjikt med større svinnpotensiale enn betongen lengre ned og en overdreven bearbeiding av finstoff opp mot overflaten i glatteprosessen, vil også forsterke faren for delaminering.



Figur 7-5: Delaminering

Tiltak som vil redusere faren for delaminering:

- Unngå stålglatting hvis mulig
- MF45 og MF40 betong bør ikke stålglattes
- Skuringen utføres uten overdreven opparbeidelse av finstoff til overflaten.
- Maksimalt 3 % luft i betongen og maksimalt tilsiktet synkmål i henhold til Tabell 3-7.
- Betongsammensetning og konsistens som gir lav risiko for separasjon.
- Påføring av herdemembran umiddelbart etter avtrekk. Tilstrekkelig mengde er først og fremst avhengig av herdemembrantype, betongens masseforhold og tørkeforhold.

- Minst mulig temperaturforskjell mellom betongen og underlaget for å få mest mulig lik størkning og fasthetsoppbygging gjennom gulvets tverrsnitt.

7.3.7 Blemmer

Blemmer er små forhøyninger i det tette skurte eller stålglattede overflatesjiktet med vann og/eller luft under. Blemmene opptrer typisk med diameter rundt 20-30 mm, men kan også bli over 50 mm. Mekanismene og årsaksforholdene er nært beslektet med delaminering, se 7.3.6, men i tillegg kan de oppstå ved at vann blir arbeidet inn i overflaten og blir forseglet under det tette overflatesjiktet. Blemmene etterlater små krater (2-3 mm dype) når de knuses.



Figur 7-6: Blemmer

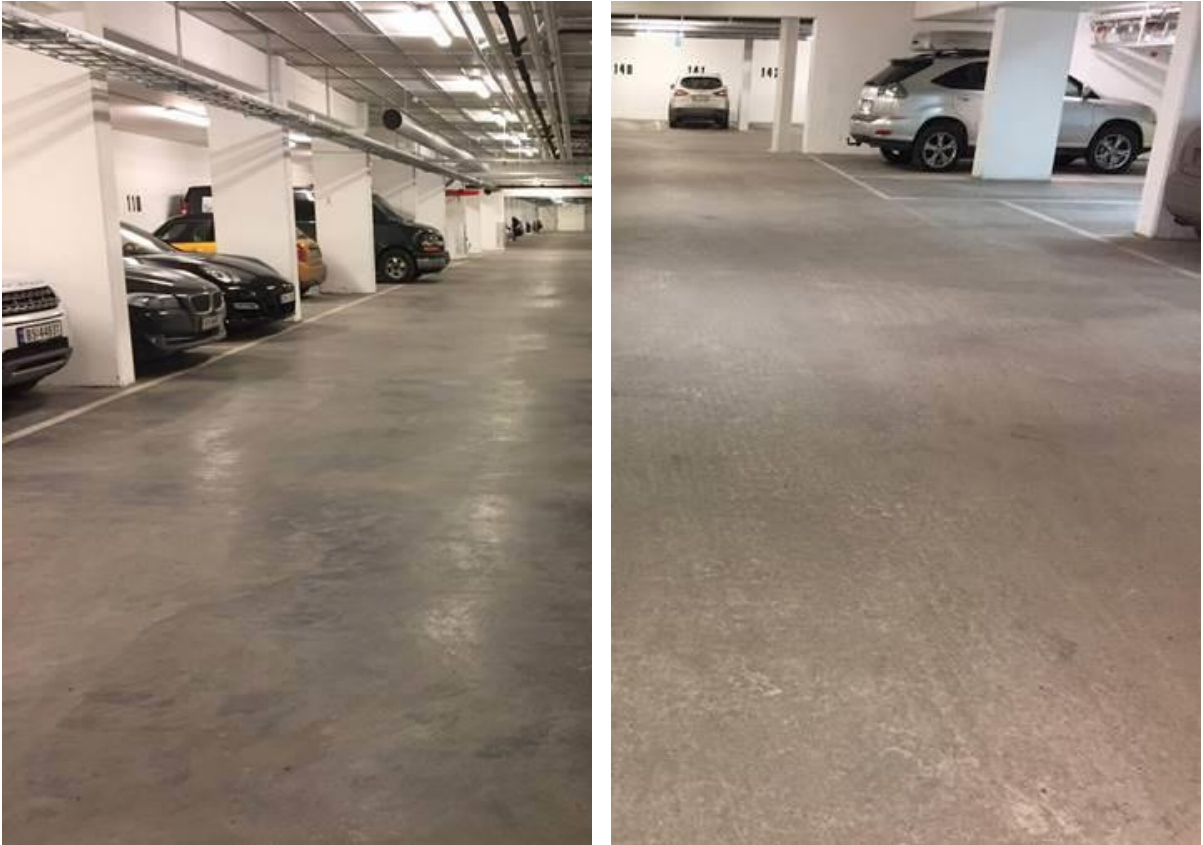
7.3.8 Flassing

Flassing er når et svakt overflatesjikt på ca. 1 mm slipper fra overflaten. Flassing oppstår som følge av stålglatting av overflaten.

Flassing skyldes som oftest bruk av betong med så stor vannutskillelse at det blir et separert, svakt toppsjikt med meget høyt masseforhold. Dette vil etter hvert flasse eller løsne under tørking og herding. Det kan også skyldes at overflatebearbeidingen skjer så tidlig at det fortsatt er bleeding vann på overflaten eller at det tilføres vann på overflaten i bearbeidingsprosessen. Når dette vannet bearbeides ned i betongen, vil det føre til et svakt overflatesjikt.

7.3.9 Støving

Støving er når det blir et svakt overflatesjikt som enten virvles opp i luften eller som blir liggende som løse partikler på overflaten. Støving kan oppstå på grunn av mangelfull sluttbehandling, mangelfulle herdetiltak, regn eller for tidlig vanning av overflaten. Det er også eksempel på denne type overflateskade ved bruk av uegnet herdemembran før glatting.



Figur 7-7: Bildet til høyre viser støving i form av «matt» overflate på grunn av mangelfull sluttbehandling og herdetiltak



Figur 7-8: Støving i form av «sandaktig» sjikt på grunn av bruk av uegnet herdemembran

7.3.10 Oppsmuldring/forvitring

Oppsmuldring på grunn av nedbrytning av frost skyldes at det ikke er benyttet MF45 eller MF40 kvalitet, eller at luftinnholdet i den luftinnførte betongen ikke har vært tilstrekkelig høyt. Det kan også være som følgeskader av at bearbeidingsprosessen av overflaten har ført til et separert overflatesjikt, ofte med lavt luftinnhold, som dermed ikke er frostbestandig.



Figur 7-9: Eksempel på overflate skadet av frostsprengning

7.4 Overflater laget i fersk betong

De overflater som dannes i fersk betong og som beskrives her er bearbeiding etter at betongen er lagt ut.

Spesielle overflater kan være krevende fordi arbeidet skal utføres mens en kan bearbeide betongen. Planleggingen må ta høyde for ekstra mannskap og at støpearealet er tilpasset operasjonen.

Det vises for øvrig til boken «Betongoverflater» som er et godt hjelpemiddel for beskrivelse av betongoverflater.

7.4.1 Avtrukket overflate



Figur 7-10: Avtrukket overflate

Bruksområde: Alle typer betonggulv ute og inne.

Grunnlag: Utlagt betong.

Materialer: Betong i alle bestandighetsklasser.

Beskrivelse: Overflate som vist i Figur 7-10.

Utførelse: Utførelsen er beskrevet i kapittel 6.4.2.

7.4.2 Skurt overflate



Figur 7-11: Skurt overflate

Bruksområde: Alle typer betonggulv ute og inne.

Grunnlag: Avtrukket overflate.

Materialer: Betong i alle bestandighetsklasser.

Beskrivelse: Overflate som vist i Figur 7-11.

Utførelse: Betongen er skurt minst en gang. Utførelsen er beskrevet i kapittel 6.4.4.

7.4.3 Håndbrettskuring med mønster



Figur 7-12: Eksempel på mønsterskurt betonggulv

Bruksområde: Utendørs som sklisikkert underlag.

Grunnlag: Skurt overflate.

Materialer: Betong i bestandighetsklasse MF45 og MF40

Beskrivelse: Type mønster.

Utførelse: Repeterende mønster oppnådd ved å skure med håndbrett i en sirkulær bevegelse etter maskinskuring. Kunnskap om bruk av håndverktøy er nødvendig for et godt resultat.

7.4.4 Kostet overflate



Figur 7-13: Eksempler på kostet overflate

Bruksområde: Utendørs som en dekorativ og sklisikker betongoverflate.

Grunnlag: Skurt overflate.

Materialer: Betong i bestandighetsklasse MF45 og MF40

Beskrivelse: Dybde (1-3 mm) og finhet på kosting / mønster.

Utførelse: Der utseende er viktig, bør kostingen skje i snorrette drag. For å hindre betongklumper i overflaten, skylles kosten i vann mellom hvert drag. Kosten må være ren før hvert drag. Dette er avgjørende for et godt resultat. Der det skal være dypere mønster, koster det med stiv kost tidlig etter skuring mens betongen er relativt plastisk. Prøvestøp anbefales.

Størrelsen på støpefeltet må være håndterlig i forhold til kostemønsteret.

7.4.5 Glattskurt overflate



Figur 7-14: Glattskurt overflate

Bruksområde: Alle typer betonggulv ute og inne.

Grunnlag: Skurt overflate.

Materialer: Betong i alle bestandighetsklasser.

Beskrivelse: Overflate som vist i Figur 7-14.

Utførelse: Betongen skures flere ganger (uten grader).

Glattskurte overflater vil ofte ha noen fargevariasjoner.

7.4.6 Stålglatt overflate



Figur 7-15: Stålglatting

Bruksområde: Alle typer betonggulv ute og inne.

Grunnlag: Brettskurt overflate.

Materialer: Betong i alle bestandighetsklasser med unntak av frostklassene.

Beskrivelse: Overflate utseende og glatthet.

Utførelse: Utførelsen er beskrevet i kapittel 6.4.5. Som et permanent eksponert gulv stålglattes gulvet i flere omganger til ønsket overflateglans. Som grunnlag for beleg, glattes gulvet minst en gang.

Stålglattede overflater vil ofte ha noen fargevariasjoner.

7.4.7 Mønstret og farget betong

Mønstret/farget betong (dekorative overflater) har stor utbredelse i land som USA, Australia, England, Spania m.fl. og har et stort potensiale i Norge. Utførelsen krever at entreprenøren har kunnskap og erfaring med bruk av farger, mønster i betong, forskaling og utførelsesteknikk.



Figur 7-16: Eksempler på mønstret betonggulv

Bruksområde: Utendørs og innendørs som dekorativ betong på gangveier, gatetorg, oppkjørsler og terrasser.

Grunnlag: Manuell stålglatting med brett umiddelbart etter avtrekk.

Materialer: Betong i bestandighetsklasse M60, M45/MF45 og M40/MF40, farget støpt belegg/avrettingslag («separat hardbetongsjikt») eller gjennomfarget betong uten grovt tilslag.

Polyuretanmatter, slippmiddel.

Beskrivelse: Type mønster, farge.

Utførelse: Umiddelbart etter stålglatting av betongen, påføres slippmiddel. I et kort tidsvindu blir betongen stemplet med ønsket mønster. Det finnes mange forskjellige mønster tilgjengelig. Metoden er arbeidskrevende og en må behandle små flater (maksimum 30-50 m²) om gangen. Etter stemping, må overflaten herde tilstrekkelig før en fjerner slippmidlet. Etter at overflaten er rengjort, behandles den med en herdemembran/impregnering. En må unngå stort tilslag i overflaten, fordi dette kan gjøre mønstringen vanskelig.

For å gjøre overflaten mer "gummiaktig" og enklere å mønstres, kan det påføres en herdemembran umiddelbart etter avtrekk. Herdemembranen jobbes inn i overflaten.

Når overflaten er glattet, påføres et nytt lag herdemembran. Like før stemping påføres et slippmiddel.

Betongprodusent har mulighet til å tilsette farger i mange varianter i betongen.

7.4.8 Frilegging av tilslag



Figur 7-17: Eksempel på frilagt betonggulv

Bruksområde: Utendørs som dekorativt sklisikkert underlag.

Grunnlag: Skurt overflate.

Materialer: Betong i bestandighetsklasse M45/MF45 og M40/MF40, overflateretarder.

Beskrivelse: Tilslagsmønster og frileggingsdybde defineres.

Utførelse: Retarder påføres overflaten etter at overflaten er brettskurt. Når betongen har oppnådd tilstrekkelig fasthet, fjerner en det øverste betongsjiktet ved spyling. Ønskes det en jevn tilslagsstørrelse, kan en benytte betong med partikkelsprang i tilslaget. Alternativt kan man strø et sjikt med ensartet tilslag i toppen like før skuring. Prøvestøp anbefales.

7.5 Overflater laget på herdet betong

Nye og gamle betonggulv er et godt grunnlag for etterbehandling. Etterbehandling får stadig større utbredelse i Norge. Grunnlaget for et godt resultat er et kvalitetsmessig faglig utført gulv.

7.5.1 Slipt betong



Figur 7-18: Slipt og polert betongoverflate

Bruksområde: På eksponerte betonggulv. Høy slitestyrke og dekorativt utseende.

Grunnlag: Skurt eller glattskurt overflate, avhengig av ønsket uttrykk.

Materialer: Betong i alle bestandighetsklasser.

Beskrivelse: Dybde på slip, utseende, steingradering, betong(ement)farge, farge på tilslag og glans.

Utførelse: Underlaget må være bearbeidet i henhold til beskrevne toleranser. Ønsker en farger, tilsettes disse under blanding av betongen.

7.5.2 Blastret overflate



Figur 7-19: Blastring av betongoverflate

Bruksområde: Ute-/innendørs, som mønster og/eller sklisikring, på eksempelvis gangveier, gatetorg, oppkjørsler og terrasser.

Grunnlag: Glattskurt eller stålglattet.

Materialer: Betong i bestandighetsklasse M45/MF45 og M40/MF40.

Beskrivelse: Dybde/grovhet, utseende som sandblåst overflate.

Utførelse: Struktur fremkommer ved at stålkuler slynges mot betongen ved hjelp av en blastremaskin.

7.6 Overflatebehandling av betonggulv utsatt for væskesøl

Betonggulv blir brukt som ferdig eksponerte overflater. Utseende av gulvet og krav til renhold vil ofte være sentralt. Gulvene kan være innendørs, i publikumsområder som kantiner, ganger, toaletter og utstillinger, men også utendørs som markbetong. I mange av områdene håndteres det drikkevarer som kaffe, melk, olje, brus og kanskje vin. Urin og kanskje magesyre vil være en typisk belastning på toaletter. På utendørs områder vil eksempelvis snus være en typisk belastning.

Ubehandlet betong er et hydrofilt materiale. Det vil si det suger til seg væske. Det anbefales derfor at eksponerte betonggulv overflatebehandles. Det er i prinsippet 3 ulike materialer som benyttes som overflatebehandling av betong, beskrevet i NS-EN 1504-2:

- Hydrofoberende impregnering
- Poreblokkerende behandling (vannglass eller organiske forbindelser)
- Impregnering (herdeplast)

Effekten av slike overflatebehandlinger vurderes ut fra ulike kriterier, der de viktigste er:

- Evne til å motstå inntrengning av væsker
 - Kaffe, rødvin etc. som gir mørke flekker
 - Syrer gir lyse flekker
 - Tiden det tar fra det blir sølt til det må vaskes bort før det etterlater seg flekker på overflaten
- Glans på overflaten
 - Høy glans, skinnende
 - Matte flater

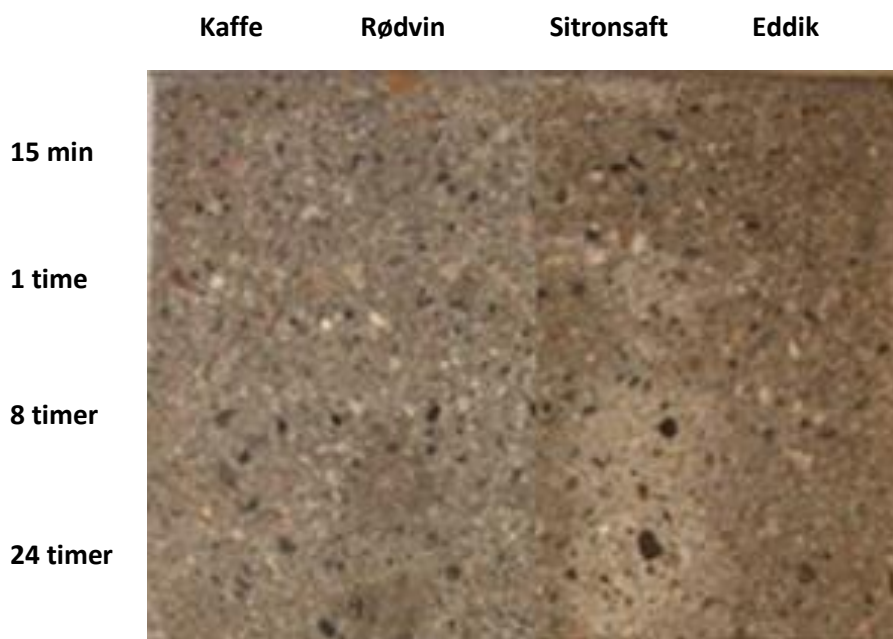
Figur 7-20 viser effekten av hydrofoberende impregnering på en slipt betongoverflate. Betongoverflaten endrer farge ved søl av ulike materialer avhengig av tiden sølet blir liggende på overflaten. Y-aksen viser tiden når de ulike materialene er vasket bort. Figuren viser at både kaffe, rødvin og sure materialer gir farge relativt raskt. Jo lenger de får ligge, jo sterkere blir fargeeffekten. Det er selvsagt variasjoner på motstand av væskeinntrengning avhengig av produktsammensetning, påføringsmetode og mengde.



Figur 7-20: Effekt av hydrofoberende impregnering på slipt betongoverflate ved søl med ulike materialer

Figur 7-21 viser effekten av poreblokkerende behandling (vannglass) på slipt betongoverflate. Behandlingen begrenser inntrengning av væsker bedre enn hydrofoberende impregnering og begrenser dermed fargeforskjellene bedre.

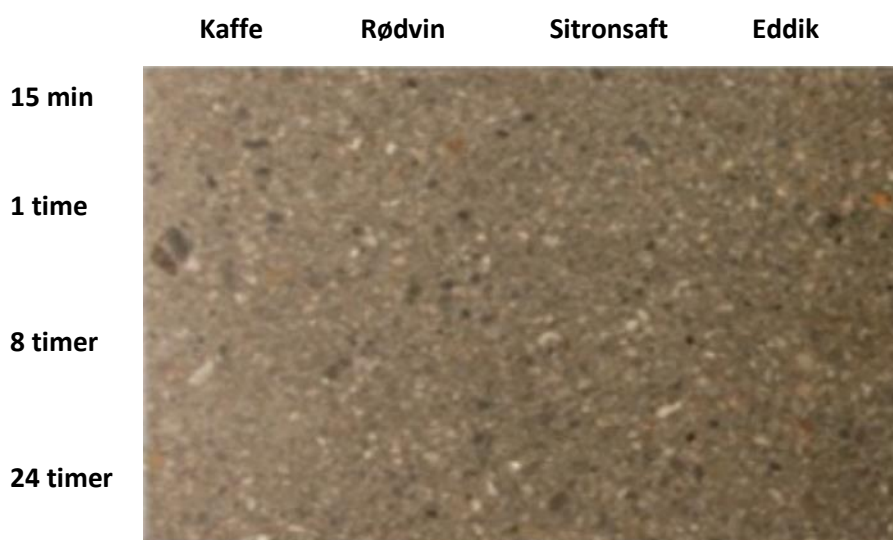
I tillegg til de «rene» produktene som er testet og vist i Figur 7-20 og Figur 7-21 er det mange hybridprodukter som kan være sammensatt av ulike råstoff som for eksempel acryl, silikon, hydrofobering eller «vannglass». Slike hybridprodukter kan ha bedre effekt med tanke på å hindre inntrengning av væsker enn de «rene» produktene. Det er derfor viktig å utføre prøving før betong og overflatebehandling bestemmes.



Figur 7-21: Effekt av poreblokkerende behandling på slipt betongoverflate ved søl av ulike materialer

Det benyttes også oljebaserte produkter på betonggulv. Det kan i mange tilfeller være tilfredsstillende for brukeren. Er betonggulvet derimot først satt inn med olje, er det kun olje som kan benyttes i fremtiden. Dette kan være negativt med tanke på vedlikehold og miljø.

Figur 7-22 viser effekten av klar impregnering med herdeplast på en slipt betongoverflate. Impregneringen kan hindre inntrengning av væsker og dermed begrense fargeforskjellene godt. Utfordringen med impregnering av herdeplast er at den må være poretett og samtidig at den ikke må legges for tykt. Tykke, gjennomsiktige lag blir ofte lite pene.



Figur 7-22: Effekten av klar impregnering av herdeplast på slipt betongoverflate ved søl med ulike materialer

I bruksfasen er det viktig å velge rengjøringsmetoder som vedlikeholder betongoverflaten. Det må være såper som gir en beskyttende hinne på betongen. Valg av «riktig» såpe og vedlikeholdsmetoder kan gi overflaten motstand mot inntrengning av væsker med tiden.

Det anbefales å gjennomføre prøvefelt av sliping og overflatebehandling før metode velges. Vasking og vedlikehold i bruksfasen beskrives i DV-dokumentasjonen»

Referanser

- /1/ Industrigolv, Rekommendationer för projektering, materialval, produktion, drift og underhåll, Betongrapport nr 13 – 2008, Svenska Betongföreningen.
- /2/ Norsk Betongforening publikasjon nr. 38; Veileder for prosjektering, utførelse og kontroll av fiberarmert betong i bærende konstruksjoner, høringsutkast. Forventet endelig i løpet av 2017.
- /3/ Thorenfeldt E.; "*Theoretical tensile strength after cracking, fibre orientation and average stress in fibres*", Proceedings Workshop "Design Rules for Steel Fibre Reinforced Concrete Structures", The Nordic Concrete Federation, Oslo 6 October 2003.
- /4/ Platta på mark med koncentrerad last, Tyréns Byggtekniska råd 2000:1, Bo Westerberg.
- /5/ Ground bearing concrete slabs, John Knapton, Thomas Telford Limited 2003.
- /6/ Concrete industrial ground floors, A guide to design and construction, Technical Report No 34, Concrete society, Third edition 2003
- /7/ Delprosjekt 3 Betonggulv, Dimensjoneringskriterier for fiberarmert gulv, Norcem FoU, 2002.
- /8/ Westergaard, H. M.; "New formulas for stresses in concrete pavements of airfields", American society of civil engineers, 1947.
- /9/ Design of floors on ground, Cement and Concrete Association, Technical report 550, J.W.E. Chandler, June 1982.
- /10/ Hetenyi, M.: "Beams on elastic foundations", University of Michigan Press, Ninth printing, 1971.
- /11/ Fib bulletin 43, Structural connections for precast concrete buildings, February 2008.
- /12/ Vinje, L. et.al; «Betongelementboken bind B - Avstivning og kraftoverføring», Oslo, Betongelementforeningen, 2016.
- /13/ National Concrete Consortium, Guide to dowel load transfer systems for jointed concrete roadway pavements, Iowa State University, September 2011.
- /14/ Meyerhof, G. G.; "Load-Carrying capacity of concrete pavements", Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, June 1962.
- /15/ Losberg, Anders; "Pavements and Slabs on Grade with Structurally Active Reinforcement", ACI Journal, December 1978.

/16/ Johansen, K.W.; "Yield-line formulae for slabs", Cement and Concrete Association, Technical university of Denmark, 1972.

Refererte standarder

NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017 Betong - Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar

NS-EN 13670:2009+NA:2010 Utførelse av betongkonstruksjoner

NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner

NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger

NS-EN 934-2:2009+A1:2012 Tilsetningsstoffer for betong, mørtel og injiseringsmasse - Del 2: Tilsetningsstoffer for betong - Definisjoner, krav, samsvar, merking og etikettering

NS-EN 13892-8:2002 Prøvmingsmetoder for materialer til støpte gulvbelegg eller avrettingslag - Del 8: Bestemmelse av heftfasthet

NS-EN 14651:2005+A1:2007 Prøvmingsmetode for betong med metalliske fibere - Måling av bøyestrekfasthet (proporsjonalitetsgrense og restfastheter)

NS-EN 1504-2:2004 Produkter og systemer for beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner - Definisjoner, krav, kvalitetskontroll og evaluering av samsvar - Del 2: Systemer for overflatebehandling

NS 3420:2017 Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner

NS 3420-1:2014 Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner - Del 1: Fellesbestemmelser

NS 3420-L:2010 Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner - Del L: Betongarbeider

NS 3511:2014 Måling av relativ fuktighet (RF) i betong

Vedlegg A

Prosedyre for bestemmelse av referansesvinn i herdet betong

1. Formål og bruksområde

Prosedyren beskriver en metode for å dokumentere det totale svinnet i betong-sammensetninger, det vil si summen av selvuttørkingssvinn (autogent svinn) og uttørkingssvinn.

2. Referanser

Prosedyren bygger på SS 137215 og SINTEF Byggforsk prosedyre KS-14-05-04-117.

3. Utstyr

Laboratorium: Rom med temperatur 20 ± 2 °C.

Prismeformer: 100/100/500 mm stålformer med hull i begge ender for montering av måleknaster.

Måleknaster: Spesialdreide metallknaster med endeforankring.

Klimarom for lagring og måling: Kondisjonert rom (20 ± 2 °C, 50 ± 4 % RF) der prizmer kan lagres med avstandsklosser, for eksempel 25 mm armeringsstoler.

Lengdemålingsrigg med 500 mm referansestav (invarstål) og måleur med 1/1000 mm inndeling.

Rødsprit til vasking av knaster.



Figur A-1: Lengdemålingsrigg med 500 mm referansestav

4. Betongsammensetning og blanding

Spesifiseres i hvert enkelt tilfelle. Hvis prøvingen gjøres med betong tilsatt fiber, gjelder dokumentasjonen kun for betongsammensetninger med den benyttede fibertype og –mengde.

5. Utstøping av prøvestykker

Utsøping av 3 stk. 100/100/500 mm prismer med måleknaster plassert sentrisk i begge kortendene.

Betongen fylles i formene i 2 like tykke lag. Hvert lag komprimeres til betongen er homogent utstøpt. Pass særlig på hjørner, langs formens sider og rundt måleknastene.

Dersom massen blir vurdert til å være for tørr til at tilfredsstillende komprimering oppnås for hånd, vibreres formene på vibrobord.

Overskytende betong fjernes og overflaten jevnes.

6. Lagring av prøvene

Prismenes overflate tildekkes med plast umiddelbart etter utstøping. Prismeformene skal stå tildekket i laboratoriet ved 20 ± 2 °C fram til avforming og måling ved 24 timers alder. Før avforming skal prismenes overflate (avstrykningsflaten) merkes i en ende (merket angir den enden av prismet som skal vende mot måleuret). Ved avforming kontrolleres det at alle måleknaster sitter fast. Dersom de ikke sitter fast, forkastes prøvestykkene og ny blanding må utføres.

Etter måling av lengde og vekt plasseres prismene i kondisjonert rom ved 20 ± 2 °C og 50 ± 4 % RF. Prismene plasseres på avstandsklosser på minst 25 mm (maks to prismer i høyden) og sideveis avstand mellom prismene skal være minst 25 mm.

7. Måling av prøvene

Prismenes lengde og vekt måles etter følgende oppnådd alder:

24 timer, 7 døgn, 14 døgn, 28 døgn, 56 døgn, 91 døgn, 180 døgn, 270 døgn, 360 døgn + eventuell forlenget prøveperiode.

Før lengdemåling, skal måleuret nullstilles mot referansestaven. Etter hver måleserie skal nullinnstillingen kontrolleres og resultatet noteres (etterkontroll). Dersom etterkontrollen fraviker med mer enn 0,005 mm fra nullinnstillingen, skal ny måling gjennomføres. Prismene skal plasseres på samme måte i måleriggen ved alle lengdemålinger, og da med avstrykningsflaten opp og med den avmerkede enden mot måleuret. Det må kontrolleres nøye at måleurets følere ligger korrekt mot prismets knaster ved avlesning. Knastene skal rengjøres med rødsprit før måling.

I forbindelse med hver måling kan prismene inspiseres for eventuell overflateoppsprekking.

8. Beregning av prøveresultater

Følgende skal beregnes ut fra forskjellen mellom referanselengde ved 24 timers alder og lengde ved hvert enkelt måletidspunkt i luftlagingsperioden:

- lengdeendring for hvert enkelt av de tre prismene til nærmeste 0,001 mm
- midlere lengdeendring for de tre prismene til nærmeste 0,001 mm
- midlere svinn for de tre prismene til nærmeste 0,01 ‰ av «effektiv prismelengde»².

9. Rapportering

Betongens referansesvinn $S_{\text{vinn,REF}}$ bestemmes som midlere svinn for de 3 prismene ved 360 døgns alder. $S_{\text{vinn,REF}}$ oppgis i ‰ (til nærmeste 0,01 ‰) ved presentasjon av måleresultatene i prøvningsrapporten. Videre oppgis verdien for midlere svinn ved de andre aldrene.

Det må i rapporten bekreftes at prøvingsprosedyren i henhold til NB 15:2017 er fulgt.

² «Effektiv prismelengde» er prismelengden på 500 mm fratrukket avstanden fra endene av prismet og inn til fastholdingspunktet til måleknastene. Det vil si at effektiv prismelengde blir 484 mm dersom fastholdingspunktet til de benyttede måleknastene er 8 mm inn i betongen.

Vedlegg B

Prosedyre for bestemmelse av betongens relative fuktighet ved selvuttørking

1. Formål og bruksområde

Prosedyren beskriver en metode for å dokumentere betongens selvuttørkende egenskaper.

2. Referanser

Prosedyren bygger på erfaring fra studentoppgaver, Byggforskserien Byggedetaljer, blad 474.531 Måling av fukt i bygninger og NS 3511 Måling av relativ fuktighet (RF) i betong.

3. Utstyr

Diffusjonstett sylinder med dimensjon på for eksempel 110 x 200 mm og med diffusjonstett lokk i den ene enden.

Diffusjonstett epoxy til forsegling av betongoverflaten.

Klimarom for lagring og måling: Kondisjonert rom på 20 ± 2 °C.

Betongbor og drill, for boring av hull til sondene.

Utstyr for måling av relativ fuktighet i betong.

Vekt med minimum 1 g nøyaktighet.

4. Betongsammensetning og blanding

Spesifiseres i hvert enkelt tilfelle.

5. Utstøping og preparering av prøvestykker

Utstøping av 3 stk. sylindre.

Betongen fylles i formene og komprimeres til betongen er homogent utstøpt.

Dersom massen blir vurdert til å være for tørr til at tilfredsstillende komprimering oppnås for hånd, vibreres formene på vibrobord.

Sylindrene støpes slik at det er 5 mm fra betongoverflaten til toppen av sylindren.

Betongoverflaten dekkes med plast og lagres til neste dag.

Plasten fjernes dagen etter utstøping . Umiddelbart, når betongoverflaten er tørr (lys grå), påføres 5 mm diffusjonstett epoxy.

Etter ca. 2 uker³ for betong i bestandighetsklasse M45/MF45 og M40/MF40, og etter ca. 3 uker for betong i bestandighetsklasse M60 og M90, bores ett hull ca. 6-7 cm inn i betongen, gjennom epoxy-laget. Hullet blåses rent for støv. En sonde for måling av RF plasseres umiddelbart i hullet. Det er viktig å sørge for god tetting rundt sondene slik at det ikke kan fordampe vann rundt innfestingen av sondene. Sondene skal stå i hullet hele måleperioden.

6. Lagring av prøvene

Sylindrene lagres i kondisjonert rom ved 20 ± 2 °C.

7. Måling av prøvene

Sylindrene måles etter for eksempel 3 døgn, 7 døgn, 14 døgn, 28 døgn, 56 døgn, 91 døgn, 180 døgn, 270 døgn og 360 døgn. Sylindrene kan måles etter 720 døgn (2 år), dersom de ikke har stabilisert seg etter 1 år.

Målingene består av relativ fuktighet og vekt. Måleverdien av relativ fuktighet korrigeres i henhold til NS 3511. Vekt måles med 1 g nøyaktighet. Vekten måles for å verifisere at vann ikke er fordampet fra betongen, prøven forkastes ved vekttap større enn 3 gram i løpet av prøveperioden.

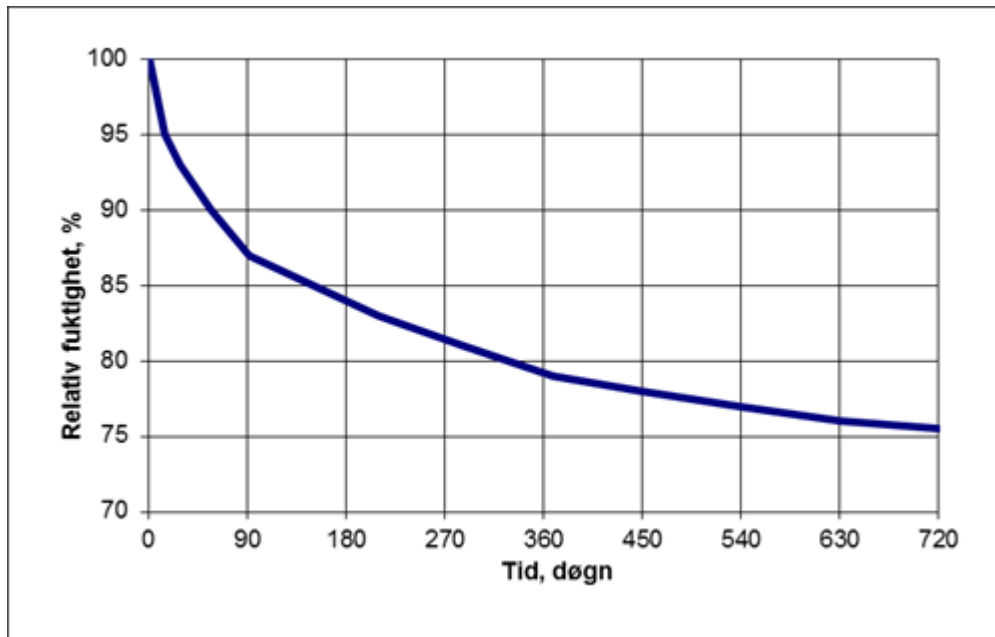
8. Rapportering

Betongens relative fuktighet oppgis i % og vekt oppgis i gram. Det lages en kurve som viser utvikling av relativ fuktighet over tid, som vist i figuren.


Selvuttørringseffekten er dokumentert med relativ fuktighet ≤ 85 % etter 1 år og/eller ≤ 80 % etter 2 år.

Det skal i rapporten bekreftes at prøvingsprosedyren i henhold til NB 15:2017 er fulgt.

³ De fleste sondene på markedet tåler ikke RF over ca. 98 %. Sondene må derfor ikke plasseres i betongen før RF har sunket under sondens øvre RF nivå.



Figur B-1: Eksempel på utvikling av relativ fuktighet

NB norsk
betongforening er en forening tilknyttet  **Tekna**

Postboks 2312 Solli, 0201 Oslo • Telefon: 22 94 75 00

Trykk: Konsis Grafisk - www.konsis.no

Atle Solbakken: Uke 46/2019