

0 Generelt

01 Innhold

Dette bladet behandler overdekning av armering i betongkonstruksjoner. Det viser framgangsmåte for utstøping av betong med vekt på tilstrekkelig armeringsoverdekning og egnet betongkvalitet.

02 Skader

Skader på armerte betongkonstruksjoner er et økende problem, se Byggforvaltning 720.040. Alvorligste og vanligste skadetype er korrosjon på armering, med rustsprengning, rissdannelser og avskallinger som resultat. Årsaken til korrosjonen er oftest inntrengning av klorider eller karbonatisering av betongen i overdekningssonen. For å ta vare på betongkonstruksjoners bestandighet har de norske standardene regler for prosjektering og utførelse.

03 Levetid

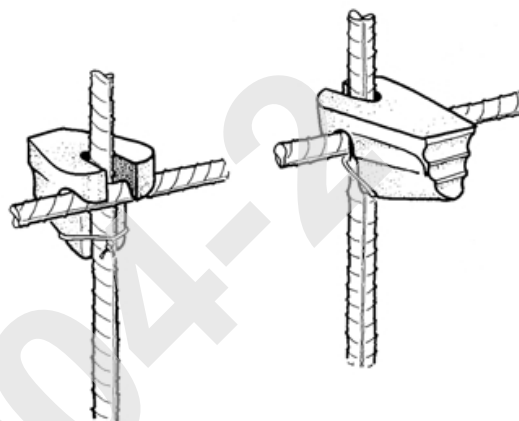
NS 3473, 3. utgave (oktober 1989) innebar vesentlige endringer for dimensjonering i bruksgrensetilstanden, med:

- skjerpede krav til overdekningens tykkelse
- justerte krav til avstand mellom armeringsjern
- nye krav til maksimale beregningsmessige rissvidder
- nye krav til betongens maksimale v/c-forhold (masseforhold)

Standardens krav baserer seg på et ønske om en levetid på 60 år før konstruksjonen har behov for et mer omfattende vedlikehold. Ønsker man i utgangspunktet lengre levetid enn 60 år, må man f.eks. øke armeringsoverdekningen, høyne betongkvaliteten (lavere v/c-tall), påføre en overflatebehandling, ev. kombinere disse tiltakene.

Vegdirektoratet ønsker en levetid på 100 år for sine konstruksjoner. Statens vegvesen ønsker derfor å ta i bruk egne regler for å sikre riktig armeringsoverdekning i nye betongkonstruksjoner [521].

Tabell 03 viser data for initieringstid før korrosjonen starter pga. karbonatisering, avhengig av betongkvalitet og overdekning på armeringen. Erfaringer med bestandigheten til kystbruer viser at initieringstiden på grunn av kloridinntrengning er om lag 1/5 av disse verdiene. Basert på tidligere erfaringer vil 10 mm reduksjon av overdekningen grovt regnet halvere tiden før skadeutviklingen starter, ifølge [521].



Tabell 03
 Initieringstid før korrosjon på grunn av karbonatisering

v/c-forhold	Overdekning	
	10 mm	30 mm
0,7	5 år	45 år
0,5	15 år	135 år

04 Henvisninger

Norsk Standard

NS 3420 Beskrivelsestekster for bygg og anlegg

NS 3473 Prosjektering av betongkonstruksjoner. Beregnings- og konstruksjonsregler. 4. utgave 1992

Byggdetaljer:

A 520.026 Betongkonstruksjoners bestandighet. Konsekvenser av miljøklasse

A 520.027 Kvalitetskontroll av fersk betong

A 520.029 Herdetiltak for betongkonstruksjoner

A 520.030 Styring av betongens herdeforløp

A 520.031 Kvalitetskontroll av herdet betong. Laboratoriemetoder

A 520.038 Vinterstøping av betong

Byggforvaltning:

720.040 Skader på betong. Oversiktsblad. Skadetyper og årsaker

1 Krav og definisjoner

11 Krav til minimumsoverdekning etter NS 3473

Når det prosjekteres etter NS 3473, skal alle betongkonstruksjoner beskrives i henhold til en av miljøklassene (LA, NA, MA eller SA). Om klassifiseringen, se tabell A.6 i tillegget til NS 3473.

Tabell 11 viser krav til minimumsoverdekning etter NS 3473. Kravene gjelder også for monteringsstenger. I tidevannssonen og skvalpesonen i saltvann skal overdekningen ikke være mindre enn 50 mm. Midlere overdekning skal minst være som angitt, og ikke mer enn 10 mm større. For enkeltstenger kan overdekningen minskes med 5 mm eller økes med inntil 20 mm i forhold til det som er angitt. Overdekningen skal ikke under noen omstendighet være mindre enn 10 mm. De ovennevnte overdekningsreglene har vist seg å være problematiske å forholde seg til i praksis.

Tabell 11
Minste overdekning av hensyn til korrosjonsbeskyttelse (NS 3473)

Miljøklasse	Korrosjonsømfintlig armering	Lite korrosjonsømfintlig armering
SA	Fastsettes særskilt	Fastsettes særskilt
MA	50 mm	40 mm
NA	35 mm	25 mm
LA	25 mm	15 mm

12 Krav til betong

Tabell 12 viser krav til materialsammensetning for fersk betong i klasse MA, NA og LA etter NS 3420.

Ifølge NS 3473 skal man for hvert enkelt tilfelle vurdere hvor aggressivt miljøet som konstruksjonen står i, er. Det nevnes da særlig slike forhold som kan føre til armeringskorrosjon. Herunder kommer karbonatisering (tilgang på CO₂), kloridinntrengning, tilgang på oksygen og fuktighet. Man skal også vurdere forhold som kan gi kjemisk nedbrytning, ved f.eks. sulfatangrep eller syreangrep. I tillegg kommer eventuell nedbrytning ved gjentatte fryse-/tinesykluser av våt betong, også i kombinasjon med bruk av tinesalter.

Dersom man ikke vurderer konstruksjonen nærmere, kan man anta miljøklasse på bakgrunn av tabell A.6 i NS 3473.

Tabell 12
Materialsammensetning ved ulike miljøklasser (NS 3420 tabell L 5:c)

Miljøklasse	Største masseforhold $m = \frac{v}{c + \sum k_i p_i}$	Anbefalt minste bindemiddelmengde i kg $c + \sum p_i$	Luftinnførende tilsetningsstoffer
Meget aggressivt MA	0,45	300	Kreves når utsatt for frysing/ tining i våt eller sterkt fuktig tilstand
Noe aggressivt NA	0,60	250	
Lite aggressivt LA	0,90	225	

13 Krav til tilslaget

Kornene i tilslaget må ikke være så store at de virker negativt inn på kvaliteten til det ferdige produktet. Det må derfor stilles krav til kornstørrelsen både i forhold til avstanden mellom armeringsstenger og i forhold til overdekningen. Fri avstand mellom armeringsenheter i samme lag som betongen passerer ved utstøping, skal ikke være mindre enn $D_{100} + 5$ mm. Overdekningen mellom vertikale formflater og horisontale armeringsenheter skal normalt ikke være mindre enn armeringsenhetens diameter, og minimum $D_{100} + 5$ mm. (Begrepet D_{100} er definert i NS 3473 og er et uttrykk for den minste maskevidden som 100 % av tilslaget passerer.)

2 Armeringsstoler og avstandsholdere

21 Generelt

For å oppnå spesifisert avstand mellom armeringen og betongoverflaten bruker man armeringsstoler. Til å opprettholde spesifisert avstand mellom lag av armering bruker man avstandsholdere. Spesifikasjon av armeringsstoler har vært meget mangelfull. Valg av stoler har som oftest vært opp til den utførende, både når det gjelder materiale og geometrisk utforming.

Tidligere ble det i Norge benyttet prefabrikkerte armeringsstoler laget av stål. I dag bruker man kun armeringsstoler av plast, betong eller kunstfiberarmert mørtel.

I tyske publikasjoner [522] er det gitt en del generelle krav til det materialet som armeringsstoler skal produseres i, der materialet skal være:

- bestandig mot betongens alkalitet
- korrosjonsbestandig
- like vanntett som betongen
- bestandig mot kjemisk nedbrytning

Dersom man benytter armeringsstoler i betong, skal v/c-tallet i betongen være mindre enn 0,5, og vanninntrengningen etter tysk prøvemåte (DIN 1045) skal være mindre enn 30 mm. I tillegg forlanges det at armeringsstoler skal kunne benyttes etter fem års lagring under byggeplassforhold. Den tyske normen gir også krav til måleavvik, styrke og heft til betongen.

22 Feste av armeringsstoler

For å unngå at armeringsstolene blir forskjøvet eller kommer ut av stilling ("dominoeffekt"), må alle eller deler av dem festes til forskalingen med spiker. Spikringen kan medføre svakheter i konstruksjonen med hensyn til bestandighet mot armeringskorrosjon. Spikring bør derfor begrenses til et absolutt minimum. I praksis er det viktig å velge produkter som sikrer rimelig avstand mellom armering og spiker. Til montering av stolene må man benytte spiker av rustfritt stål.

23 Avstandsholdere

Bøyler og hester produseres på byggeplassen eller i verksted. Figur 23 a – c viser eksempler på avstandsholdere i stål.

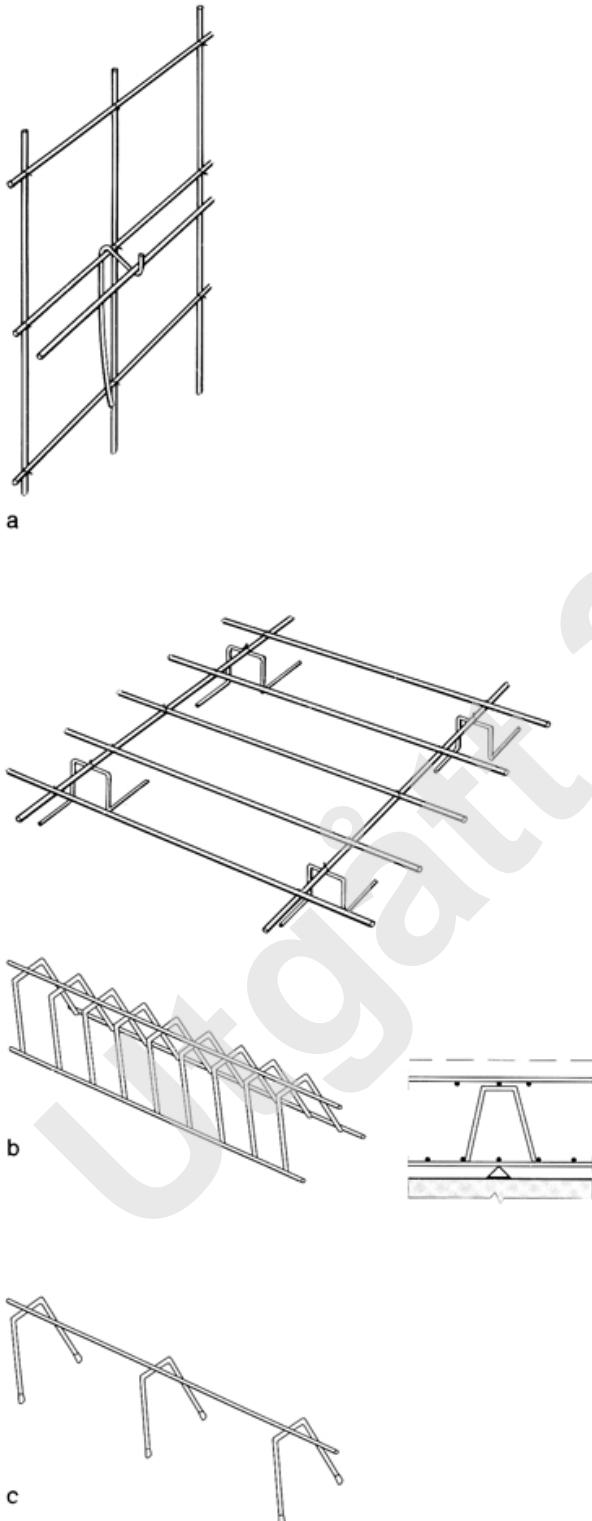


Fig. 23 a – c
Avstandsholdere i stål
a. Vegghester
b. Dekkehester
c. OK-stol

24 Armeringsstoler av plast

Armeringsstoler av plast kan benyttes for bygningsdeler i miljøklasse NA og MA uten kloridbelastning, men ikke i miljøklasse SA og MA med kloridbelastning. De siste tjue årene har plast vært det dominerende materialet i armeringsstoler. Plaststolene har hatt ubetydelig måleavvik i produksjon, og har ved korrekt bruk sørget for riktig plassering av armeringen i konstruksjonen. Imidlertid er enkelte armeringsstoler utformet slik at det er mulig å benytte dem til to ulike overdekninger ved å montere stolen dreid. Dette har i enkelte tilfeller ført til at armeringen er blitt plassert med for liten overdekning. Den geometriske utformingen av armeringsstolene har vært svært varierende. Noen modeller har vært vanskelige å støpe inn i konstruksjonen, med dårlig fylling av betong rundt og inni armeringsstolene. Dette har resultert i en rask start på korrosjonsprosessene på armeringen. Det er også blitt stilt spørsmål om plastmaterialenes levetid står i forhold til ønsket levetid f.eks. på betongbruer. Figur 24 a – c viser eksempler på armeringsstoler av plast.

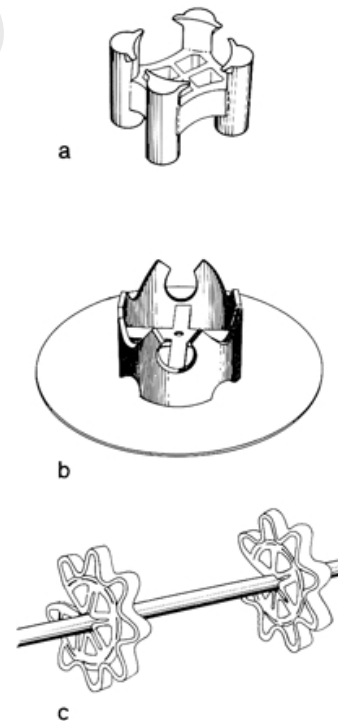


Fig. 24 a – c

Armeringsstoler av plast

a. Vanlig plaststol

b. Plaststol med stor anleggsflate for plassering på mykt underlag

c. Hjulformet armeringsstol

25 Armeringsstoler av betong

Armeringsstoler i betong er blitt mer vanlige i den senere tid. En årsak er at både betongteknologien og særlig form- og støpeteknikken for armeringsstoler har hatt en rivende utvikling. På denne måten har man fått utviklet et komplett sett med armeringsstoler med ulik form og bruk, der alle de ulike konstruksjonsdelene skal kunne armeres med armeringsstoler i betong. Figur 25 a – d viser noen eksempler.

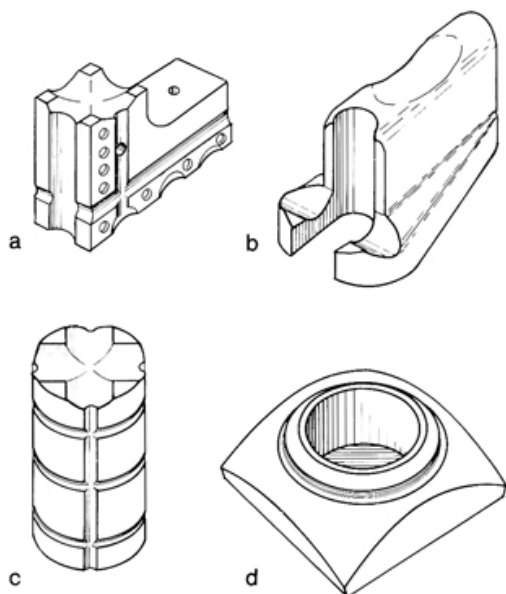


Fig. 25 a – d

Eksempler på armeringsstoler i betong

- a. Armeringsstol beregnet for vegg og dekke. Den har hull for spikring og armeringstråd.
- b. Armeringsstol som er konstruert slik at den blir liggende fast i forskalingen og sikrer nødvendig overdekning både ved montering av armeringen, under lukking av forskaling, og under utstøping.
- c. Enklere armeringsstol beregnet for dekker. Når underlaget er mykt, brukes den i kombinasjon med underlagsstolen som er vist i fig. 25 d.
- d. Underlagsstol beregnet for mykt underlag som polystyren, sand etc. Den benyttes som underlag for armeringsstolen som er vist i fig. 25 c.

3 Forskaling, støping og herding

31 Generelt

Levetiden til en betongkonstruksjon før man må foreta omfattende vedlikehold, avhenger også av kvaliteten på betongen i overdekningssonen. Blant de viktigste parametrene for å oppnå et godt resultat er betongresept, forskalingstype, støpeteknikk, komprimeringsgrad, armeringstetthet og herdetiltak.

32 Forskaling

Forskalingsmateriale virker inn på betongstrukturen i overflaten og mikrostrukturen i overdekningssonen. Det mest benyttede forskalingsmaterialet ved støpearbeider i felt er finér av ulike typer, både ubehandlet

og med forskjellig type overflatebehandling. Avhengig av type vil finérforskaling ha forskjellig evne til å opp-ta fuktighet fra betongen.

Stålforskaling benyttes mer ved spesielle støpearbeider, blant annet ved ferdigforskaling av søyler og for en stor del ved produksjon av betongprodukter i fabrikk.

Konvensjonell bordforskaling av tre er sjelden i dag, bortsett fra i anleggskonstruksjoner og ved geometrisk kompliserte støpearbeider, der bruk av andre materialer ikke er kostnadssvarende. Bord til forskaling kan ha store individuelle forskjeller når det gjelder tetthet. Forskalingsoljer bør brukes på alle typer forskalingsbord.

33 Støpeteknikk

Utstøpingen av den ferske betongen har mye å si for det endelige resultatet. Betongens støpbarhet (konsistens) vil variere under støpearbeidet, og det er viktig å tilpasse graden av bearbeiding deretter. For mye eller for lite vibrering av betongen kan bidra til nedsatt bestandighet for konstruksjonen.

I enkelte konstruksjonsdeler kan armeringen være så tett at det er svært vanskelig å fylle formen. Tett armering kan også føre til separering av betongen hvor det største tilslagsmaterialet ikke kommer ut i overdekningssonen.

Komprimering av betongen i overdekningssonen viser seg også å være vanskelig i praksis fordi utstyret som regel er for grovt til å få plass. Den viktigste delen av betongen får dermed den dårligste komprimeringen. Følgen er ofte at betongoverflaten blir full av skjemmende porer. Dårlig komprimering kan også øke ømfintligheten for riss på grunn av inhomogeniteter i betongen.

Forskalingssystemet kan virke inn på betongen i overdekningssonen. Glideforskaling har i visse tilfeller vist seg å gi en vesentlig økning av horisontale riss. Der det stilles særlige krav til tetthet, bør stige-hastigheten ikke være høyere enn 0,5 m/h.

34 Herdetiltak

341 *Generelt.* For å sikre betongens bestandighet under herdingen er det viktig å etterbehandle den forskriftsmessig. Betongen må beskyttes i herdefasen slik at man unngår skader på grunn av uttørring eller temperatursvingninger. Hvilke tiltak som bør iverksettes, avhenger blant annet av:

- betongresept
- spesielle krav til konstruksjonen
- klimamessige forhold ved støpearbeidene (gjelder også herding)
- betongens alder ved fjerning av forskaling

Ifølge NS 3420 pkt. 08 skal betongen holdes våt i minst tre døgn, enten ved vanning eller ved tiltak som hindrer fordampning fra betongoverflaten. Betonger med v/c-forhold lavere enn 0,4 bør vannes.

Dersom det er stilt spesielle krav til tetthet, frostbestandighet, rissfrihet og motstandsevne mot kjemiske angrep, slitasje m.m., skal betongen holdes stadig våt i minst to uker hvis ikke annet er angitt.

342 *Beskyttelse mot tidlig uttørring.* For å beskytte betongen mot rask uttørring er det tre aktuelle metoder:

- *Vanning.* Sørg for at betongen får tilstrekkelig tilgang på fukt under hydratiseringsprosessen. Forsiktighet er nødvendig for ikke å ødelegge overflate-sjiktet ved utvasking (gjelder frie overflater).
- *Plastfolie.* Dekk til betongens overflate med en plastfolie, enten umiddelbart (f.eks. på horisontale flater) eller rett etter at forskalingen er fjernet. Ved tildekning på ferske flater må man vurdere om flaten er akseptabel med spor etter folien eller om tiltak må treffes mot dette.
- *Membranherder.* Påfør membranherder umiddelbart etter utstøping. Herderen danner en sammenhengende film på betongoverflaten og hindrer uttørring. Membranherderen kan i effekt sammenliknes med en plastfolie det første døgnet etter påføring. Rester fra enkelte membranherdere kan forårsake dårlig vedheft ved liming av golvbelegg.

Det er svært vanlig å kombinere de ulike herdetiltakene. Se for øvrig Byggdetaljer A 520.029. De optimale herdetiltakene vil variere fra byggeprosjekt til byggeprosjekt.

343 *Kontroll av herdetemperatur.* Under herdeprosessen må betongen forhindres fra å få en herdetemperatur som medfører skader. For høye herdetemperaturer kan redusere fastheten og skade betongens tetthet. Store temperaturgradienter kan medføre opprissing. I konstruksjoner i meget aggressivt miljø (MA) skal herdetemperaturen ikke overstige 65 °C. Ved vinterstøping av betong er det viktig å sikre seg at den ferske betongen ikke fryser rett etter at den er lagt. Betongens temperatur skal ikke på noe sted synke under 5 °C før betongen har oppnådd en fasthet på minst 5 MPa. Ved særskilte konstruksjoner (store tverrsnitt, tverrsnittsendringer etc.) samt ved vinterstøping kan det være en god investering å simulere herdeforløpet til den aktuelle betongen ved hjelp av et herdeprogram. Dette vil gi varsel om ev. nødvendige tiltak for å sikre et akseptabelt herdeforløp. Se for øvrig Byggdetaljer A 520.030.

42 **Kontroll av overdekningen**

For å kontrollere overdekningen bør man på forhånd sette opp vurderingskriterier. Her kan følgende punkter inngå:

- forhold som legges til grunn ved vurderingen av midlere overdekning i en konstruksjonsdel, f.eks. spesifisert overdekning, avvik etc.
- antall målepunkter som skal inngå i den midlere overdekningen for konstruksjonsdelen
- antall enkeltstenger i konstruksjonsdelen som tillates å ha redusert overdekning, og hvor mye overdekningen kan være redusert

Overdekningen måles fortrinnsvis med et såkalt "Covermeter", som er en metallsøker. Alternativt, og som stikkprøvekontroll, kan man meisle bort betongen i overdekningssonen og deretter måle tykkelsen med et millimetermål. I tillegg til måling får man et visuelt inntrykk av armeringens tilstand i det bortmeislede området. Ved tett armerte konstruksjoner, sammenbuntet armering eller armering i flere lag, samt ved usikkerhet om armeringsdimensjonen, kan målingene bli upålitelige. Man bør derfor oftere kontrollere målingene ved bortmeisling. Det er viktig å reparere eventuelle bortmeislede områder umiddelbart for å hindre korrosjon på armeringen.

43 **Kontroll av betongen i overdekningssonen**

Kvaliteten på betongen i overdekningssonen er avgjørende for konstruksjonens bestandighet. Det hjelper lite om armeringsoverdekningen er korrekt dersom betongkvaliteten er dårlig. Betongkvaliteten i overdekningssonen kan være av en helt annen kvalitet enn den som er lenger inn i konstruksjonen. Dette har flere årsaker, blant annet utstøpingsteknikk, komprimeringsmulighet, herdeforhold etc.

Aktuelle prøvemethoder for betongen er de som kan fortelle noe om materialets tetthet, dvs. motstand mot å transportere fukt, CO₂, klorider etc. Analysene foregår både ved direkte forsøk (f.eks. kapillær absorpsjon, kloriddiffusjon) og ved indirekte prøvemethoder (f.eks. tynnslip, planslip) hvor resultatene vurderes basert på tidligere erfaringer. Eksempler på laboriemethoder er vist i Byggdetaljer A 520.031.

4 **Kontroll av ferdig produkt**

41 **Generelt**

På bakgrunn av økende antall korrosjonsskader på relativt nye konstruksjoner, er det behov for opplæring av de utførende og et mer omfattende kontrollarbeid på dette området. Mye tyder på at økt innsats for å redusere omfanget av overdekningsfeil er blant de tiltakene som kan gi størst reduksjon i vedlikeholdskostnader for en betongkonstruksjon. En forutsetning er da at armeringen er korrekt plassert i forskalingen, og at dette kontrolleres før støpingen. Etter støpingen, mens konstruksjonen fortsatt er ny, bør man kontrollere plasseringen av armeringen med hensyn til eventuell forskyvning under støpingen, samt betongens kvalitet i de ulike konstruksjonsdelene.

5 **Referanser**

51 **Forfatter og redaksjon**

Dette bladet er skrevet av Tom Farstad. Saksbehandler har vært Jan Chr. Krohn. Redaksjonen ble avsluttet i november 1994.

52 **Litteratur**

- 521 Kompen, Reidar. Nye regler for sikring av overdekning. Betongindustrien nr. 2, 1994, side 28 – 32
- 522 Deutscher Beton-Verein e. V. Merkblatt "Abstandhalter", Wiesbaden, Fassung Januar 1987