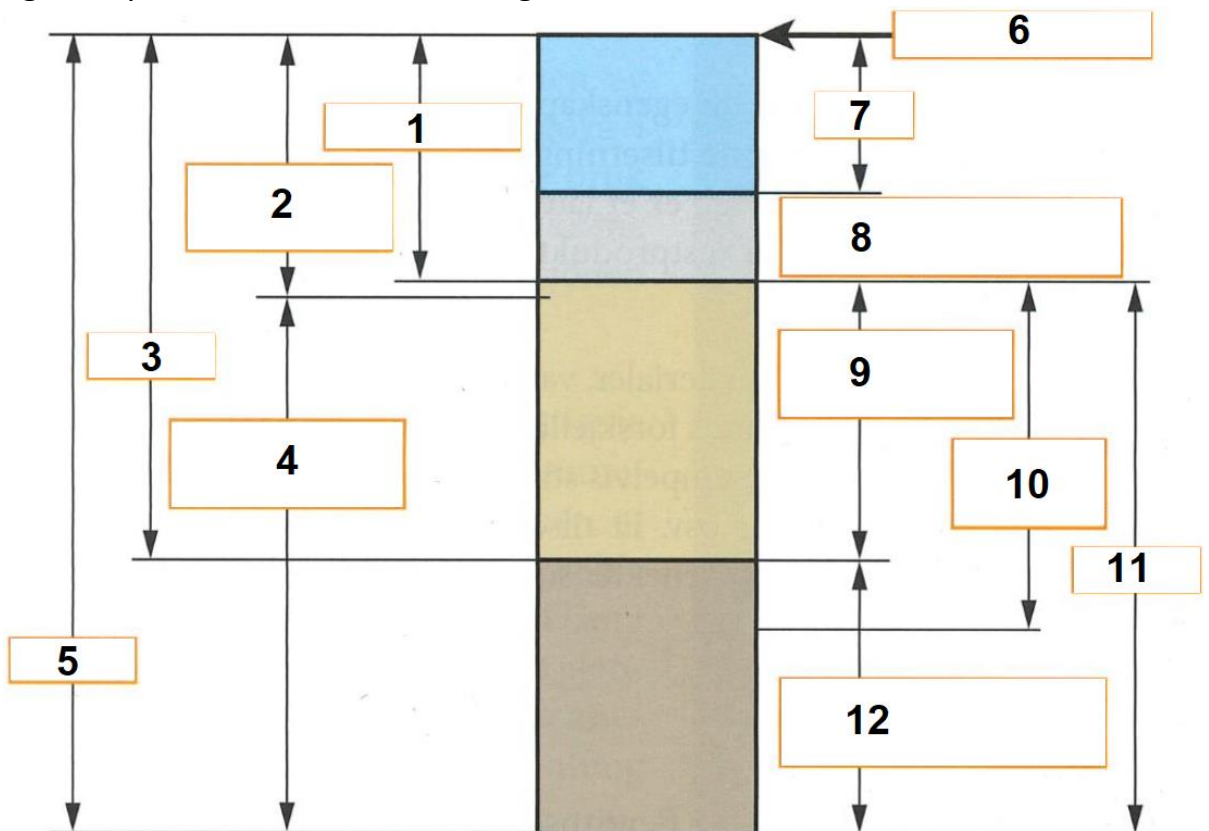


Oppgave 1 (20%)

a) [2%] Forklar kort forskjellen på sement og betong?

Sement er en ingrediens i betong

b) [12%] Figuren under er hentet fra læreboken og beskriver delkomponentene i en betong. Forklar kort om hvert av delkomponentene i betongen. Stikkord: Hva, hvor mye, hvorfor, hvilke egenskaper de bidrar med i betongen.



1. Sementlim: Det er en blanding av sement, vann og eventuelle tilsetnings- stoffer og materialer. Den utgjør ofte 1/3 av den totale betongmassen (330 l/m³). Sementlimet skal omslutte tilslaget og eventuell armering og skaper heft mellom de ulike delmaterialene, sammen utgjør de kompositten betong.

2. Matriksfase: Det er en blanding av sement, vann, tilslagspartikler < 0,125 mm og eventuelle tilsetnings- stoffer og materialer. Den utgjør ca samme andel av den totale massen som sementlimet, men

litt mer på grunn av partiklene $<0,125$ mm. Egenskapene til matriksfasen er at sammensetningen styrer egenskapene i herdet betong (masseforhold, type sement osv).

3. **Mørtel:** Det er en blanding av sement, vann, tilslag < 4 mm (sand) og eventuelle tilsetnings- stoffer og materialer.

4. **Partikkelfase:** Partikkelfasen er den faste komponenten i betongen (ofte $2/3$) og omslutes av matriksen som fyller dens hulrom i mellom tilslaget. Partikkelfasen består av tilslag fra størrelse $0,125$ mm og oppover. Tilslag benyttes både for å redusere sementmengden, men også fordi det har en høy trykkfasthet og gode egenskaper mot fryse/tine prosesser.

5. **Betong:** Betong er den ferdige blandingen, bestående da av sement, vann, eventuelle tilsetnings- stoffer og materialer, fint tilslag (< 4 mm) og grovt tilslag (> 4 mm). Betongen har en fersk fase der den har behov visse egenskaper som støpelighet, mobilitet, komprimerbarhet osv, og den har en herdet fase der den har behov for andre egenskaper som for eksempel ønsket fasthet, god bestandighet, frostmotstand, vanntett osv.

6. **Tilsetningsstoffer:** Er kjemiske stoffer som tilsettes enten på betongfabrikken eller på byggeplass, de brukes for å endre egenskapene til betong enten i fersk eller herdet fase. De tilsettes i små doses, ofte bare noen få % av den totale massen. Disse stoffene kan for eksempel bidra til å oppnå tidligere fasthet, tidligere størkning, større luftinnhold osv.

7. **Vann:** Andelen vann i en betong avhenger av v/c-tallet (masseforholdet) etter hvilken fasthet man ønsker å oppnå. Egenskapene til vannet er at det kjemisk reagerer med sementpulveret og sammen utgjør de sementlimet. Når de reagerer kjemisk dannes såkalte C-S-H krystaller og betongen går over i herdet (fast) fase. Denne prosessen kalles hydratasjon, og det bindes da vann kjemisk tilsvarende 23 % av sementmassen og 18% bindes fysisk. Det resterende vannet fordampes under herdeforløpet og det dannes blant annet kontraksjonsporer.

8. Sement og tilsetningsmaterialer: Denne delens størrelse avhenger av v/c-tallet (masseforholdet) i betongen. Dette er pulveret (portlandssement) og da eventuelle tilsetningsmaterialer som silika, flygeaske og slagg. De blandes med vann og reagerer kjemisk og utgjør da sementlimet i blandingen. Det er gunstig å bruke tilsetningsmaterialer både for miljøregnskapet (siden det er avfallsprodukter) og fordi de kan ha positive effekter på betongen.

9. Fint tilslag (< 4mm): Dette er tilslaget som da har partikkelstørrelse mindre enn 4 mm, de bidrar til å redusere sementbehovet og bidrar til økt trykkfasthet i betongen.

10. Grus (<8mm): Dette er tilslaget som da har partikkelstørrelse mindre enn 8 mm, de bidrar til å redusere sementbehovet og bidrar til økt trykkfasthet i betongen.

11. Tilslag: Dette er den delen i betong som inneholder stein, grus, sand og slump, altså alle partikkelstørrelser. Denne delen utgjør ca. 2/3 av den totale betongen. Den bidrar til økt trykkfasthet og redusert sementbehov.

12. Grovt tilslag, stein (> 4 mm): Dette er tilslaget som da har partikkelstørrelse større enn 4 mm, de bidrar til å redusere sementbehovet og bidrar til økt trykkfasthet i betongen.

c) [3%] Forklar hvorfor betong bidrar til store utslipp av CO₂, hvilke tiltak som finnes og hvilke som er under utvikling for å få ned CO₂-avtrykket til betong.

Sement, kalsinering, tilsetningsmaterialer, karbonfangst

d) [3%] Hva er karbonatisering og hvordan kan det avdekkes?

Betongen tar opp CO₂, kan avdekkes ved bruk av fenolftalein

Oppgave 2 (25%)

En betong består 300 l/m³ sementlim, basert på ren portlandsement med densitet 3120 kg/m³. Masseforholdet er 0,55. Anta hydratasjonsgrad 75% og ta utgangspunkt i Power's resultater:

- a) [8%] Hvor mange kilo per kubikk [kg/m³] sement er det i betongen?

Setter opp to ligninger med to ukjente Basert på mengden sementlim og masseforholdet.

$$\text{Vann: } v := 189 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \gamma_v := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Sement: } c := 345 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \gamma_c := 3120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Sementlim: } \frac{v}{\gamma_v} + \frac{c}{\gamma_c} = 300 \frac{\text{l}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Masseforholdet: } \frac{v}{c} = 0.55$$

345

- b) [10%] Beregn porøsiteten av en betong ved bruk av Power's modell og oppgi følgende:

- Uhydratisert sement [l/m³] **86**
 - Hydratisert sement [l/m³] **259**
 - Fritt vann (kapilærporer) [l/m³] **83**
 - Kjemisk bundet vann [l/m³] **60**
 - Fysisk bundet vann (gelporer) [l/m³] **47**
 - Kontraksjonsporer [l/m³] **15**
 - Porevolum [%] **14,4**
- c) [5%] Beregn volum, densitet og porøsitet basert på følgende vekt av betongen: **Volum: 101 cm³, Densitet: 2416 kg/m³, Porøsitet: 13,86%**
I luft: 244 g, I vann: 143 g, Tørrvekt: 230 g
- d) [2%] Vil denne betongen tilfredsstille et bestandighetskrav på M90? **JA**

Oppgave 3 (10%)

- a) [2%] Forklar hvilke bidrag armering gir betong og hvilke bidrag betong gir armering? **Strekfasthet, bestandighetsbeskyttelse**

b) [2%] Armeringsjernet under er vist i plan, tegn samme jern i snitt:



c) [2%] Hva menes når det står på armeringstegning: 20ø16c200-A00?

20 jern, av diameter ø16, senteravstand 200 (posnr. A00)

d) [2%] Hva sier nettype K257 oss når det gjelder armeringsnett?

Armeringsnett med ståltverrsnitt 257 mm²/m

TABELL OVER STANDARDNETT

Nett-Betegnelse	Avstand mellom		Tråddiameter		Antall		Endeutstikk		Ståltverrsnitt		Masse pr. nett kg
	lengde tråder mm	tverr tråder mm	lengde tråder mm	tverr tråder mm	lengde tråder stk.	tverr tråder stk.	lengde tråder mm	tverr tråder mm	lengde tråder mm ² /m	tverr tråder mm ² /m	
FORMAT 2.00 X 5M											
K 131	150	150	5	5	14	33	76	25	131	131	21
K 189	150	150	6	6	14	33	76	25	189	189	30,2
K 257	150	150	7	7	14	33	76	25	257	257	41,1
K 335	150	150	8	8	14	33	76	25	335	335	53,7
K 402	125	125	8	8	17	40	62,5	25	402	402	63,2
K 503	100	100	8	8	20	50	50	50	503	503	79
P 091	100	100	3,4	3,4	20	50	50	50	91	91	14,2
FORMAT 2.35 X 5M											
K 131B	150	150	5	5	16	33	76	50	131	131	24,3
K 189B	150	150	6	6	16	33	76	50	189	189	35
K 257B	150	150	7	7	16	33	76	50	257	257	47,6
K 335B	150	150	8	8	16	33	76	50	335	335	62,2

e) [2%] Hvilke egenskaper gir mikrofiber betong?

Mikrofiber gir betongen større motstandsdyktighet mot brann. Den kan også brukes for å redusere separasjon i betong. Tidligere ble mikrofiber også brukt til å redusere riss.

Oppgave 4 (15%)

- a) [2%] Hva vil det si når det er krav til herdeklasse 3?
Betongen skal ha oppnådd 50 % av 28 døgnsfasthet.
- b) [2%] Hvor stor fasthet må betongen ha før den tåler en temperatur under 0°C? 5 MPa
- c) [3%] Beskriv kort modenhetsprinsippet og hva det benyttes til?
Ekvivalent fasthetsutvikling, benyttes til å anslå oppnådd fasthet
- d) [3%] Hva er svinn? Det finnes plastisk svinn og autogent svinn.

Plastisk svinn:

Opptrer når vann fordampes fra overflaten av den ferske betongen og det oppstår strekkrefter. Betongen vil tørke ut hvis hastigheten av fordampingen er raskere enn betongens evne til å transportere vann til overflaten. Når den tørker ut vil den trekke seg sammen og plastiske svinnriss kan oppstå. Kan forhindres ved å holde betongen våt gjennom hele herdeforløpet og benytte herdemembran.

Autogent svinn:

Svinnet som oppstår i hydrasjonsprosessen, varmeutviklingen fører til indre eller ytre spenninger. Ytre volum vil reduseres når reaksjonsproduktet fyller et mindre volum enn sement og vann. Et slikt type svinn kan gjøres lite med på byggeplass da prosessen starter allerede når vann tilsettes og slutter ikke før sementen slutter å reagere med vann. Dette kan ta flere måneder.

- e) [2%] Hvorfor skiller vi mellom sylinderfasthet og terningfasthet (cube)?
Vi skiller mellom sylinderfasthet og terningfasthet, som følge av at et prøvestykke med liten høyde (terning) vil bli påvirket av fastholding ved kontaktflaten til prøvemaskinen, noe som fører til at det ikke blir en enaksial spenningstilstand, og man vil derfor få målt en høyere fasthet. I høyere prøvestykker, slik som sylindere oppstår enaksial spenningstilstand ettersom det er nok høyde i forhold til tverrsnittet i prøvestykket. Ved enaksial spenningstilstand oppstår et område i midt på prøvestykket som er upåvirket fra fastholdningskreftene. Denne sonen ryker forttere ved belastning, og får derfor en lavere fasthetsmåling.
- f) [3%] Hva er synkmål og hva sier dette om betongen?
Er ved konsistensmåling det antall mm toppen av fersk betong synker sammen når synkkjeglen løftes av prøven

Oppgave 5 (20%)

- a) [2%] Forklar hvorfor det er ønskelig med et velgradert tilslag
For å unngå minst mulig tomrom som må fylles med sementpasta
- b) [2%] Hva menes med partikkelinterferens
Det betyr at det er en fraksjon i tilslaget det er mye av i forhold til resten.
- c) [2%] Hva er forskjellen et flisig og stenglig tilslag
Flisig tilslag ligner på en flis og er forholdet mellom bredden og tykkelsen. Liten tykkelse og stor bredde gir høy flisighet. Stengeligheten er forholdet mellom lengden og tykkelsen. Liten tykkelse og stor lengde gir stengelig tilslag.
- d) [2%] Hva menes med Los Angeles metoden?
Verdien er et mål på knusemotstand. Los Angeles-metoden: Tilslaget kastes rundt i en roterende trommel sammen med stålkuler. Deretter registreres LA-verdien som prosentandel materiale mindre enn 1,6 mm som er knust ned fra de grovere kornene.
- e) [2%] Hva er fordelene med knust tilslag?
Tilgjengelighet,
- f) [5%] Fyll ut tabellen under, bruk ditt kandidatnummer som vekt av sikteprøven i kilo.
- g) [2%] Kommenter graderingen av tilslaget
Partikkelsprang
- h) [3%] Beregn Finhetsmodulen (FM) (Noe forvirring her, godkjent det meste)
Regnes ut ved å summere sikterest i prosent for alle sikt.
Størrelsene 0,125mm og 0,063mm legges inn med halv verdi og de grovere legges inn med full verdi.
 $FM=(0+10+10+40+60+80+95*0,5+100*0,5)/100=2,975$

Sikt Ø [mm]	Sikterest [g]	Summert sikterest [g]	Sikterest [%]	Gjennomgang [g]	Gjennomgang [%]
8	0	0	0		100
4			10		90
2	0		10		90
1			40		60
0,5			60		40
0,25			80		20
0,125			95		5
Slump			100		0

Oppgave 6 (10%)

a) [2%] Forklar hvordan sement produseres?

Proessen blir delt inn i tre hovedfaser:

Oppredning:

Knuste steinmaterialer hentes fra gruve eller dagbrudd fraktes til et steinlager og sorteres etterpå.

Riktig sammensetning av materialer males tørt (eller vått) i en rømmøller og går over i rømmøller.

Her går materialet videre til syklontårn hvor det forvarmes til ca. 1000C og kalkstein spaltes delvis ved at CO₂ drives ut - Denne prosessen kalles kalsinering.

Brenning:

Fra syklontårnet går materialet videre inn i rotorovnen hvor kalsineringen fortsettes ved 1400-1500C og det dannes klinker.

Maling:

Klinkeren blir kalt for portlandsementklinker og blir malt sammen med gips og evt. andre tilsetningsmaterialer i en sementmølle.

b) [2%] Hvordan påvirkes betongen av Blaine-verdien til sementen?

Fasthets og varmeutvikling

c) [2%] Hvorfor oppnår vi ikke i praksis 100 % hydratasjon i en betong?

Fordi en del av vannet blir kapslet inn av CSH-krystallene og binder vannet fysisk uten at det får reagert.

Det fysisk bundede vannet utgjør ca. 18% av sementvekten. Typisk oppnår man ikke mer enn 75% hydratasjon.

d) [2%] Hva skiller latent hydrauliske tilsetningsmaterialer fra pozzolane tilsetningsmaterialer?

Pozzolane reagerer med reaksjonsproduktet mellom sement og vann, mens latent hydrauliske reagerer med høy pH.

e) [2%] Hva er fordelene og ulempene ved bruk av Silikastøv i betongen?

Fordeler ved bruk av silikastøv:

* Bidrar til å holde pH-verdiene høye

* svært finmalt materiale, fyller hulrom mellom sementkornene og fint tilslag og skaper stabilitet

- * miljøbesparende å erstatte en del av sementen
- * mindre fare for separasjon
- * bedre bestandighet.

Ulemper ved bruk av silikastøv:

- * betongen blir stivere, må kanskje kompensere med tilsetningsstoffer
- * større fare for plastisk svinn
- * tregere fasthetsutvikling
- * kostnader