

# SYNOPAL og BETON

Fra direktør, civilingeniør Hans Harboe, Fa. Karl Krøyer, Viby J., har vi modtaget nærværende artikel om det syntetiske stenmateriale Synopal.

Som det vil fremgå, har Synopal mange anvendelsesmuligheder, og vi mener derfor at efterfølgende artikel kan være af interesse for bladets læsere.

SYNOPAL er oprindelig udviklet med henblik på fremstilling af lyse asfalt vejbelægninger for at opfylde det voksende behov for at skabe en vejoverflade, der både har høj slidstyrke og friktionskoefficient og samtidig passende og vedvarende lyshed både i våd og tør tilstand.

Det viste sig dog ret hurtigt, at materialets gode tekniske egenskaber kunne udnyttes med stor for-

del inden for andre områder, f. eks. som tilslagsmateriale til beton og her fortrinsvis til betonvarer som fliser, kantsten, autoværn og afmærkningssten m.v.

Kravene til lyse eller helt hvide betonvarer o. lign. er stedse stigende, og ønsket om at fremstille betonsten, der forbliver hvide, så maling kan undgås, er stærkt udbredt. De Synopal udover at være permanent hvidt, er hårdt som kvarts og stærkt som den bedste granit og desuden frostsikkert, har det været helt naturligt at prøve Synopal som tilslagsmateriale til beton.

I løbet af det sidste års tid er resultater fra laboratorieundersøgelser og produktionsforsøg bragt til veje, og enkelte betonvarefabrikker — dels herhjemme — men

især i Nordtyskland har indledt regelmæssig produktion.

### *Hvad er Synopal?*

Synopal er et syntetisk stenmateriale fremstillet af sand, kridt og dolomit, der smeltes i en rotérovn. Den smeltede masse løber ud på et vandkølet lamelbånd, hvorved smelten chokafkøles, så materialet granulerer og danner uregelmæssige, kantede, overvejende kubiske korn af forskellig størrelse. Den største del af produktionen fremkommer i kornstørrelsen 2-12 mm, men der produceres en del korn helt op til 30 mm og atter andre mindre end 2 mm. Den størkede smelte, som kaldes »fritte«, er



Fortovsfliser til Hamburg, fremstillet med en 2 cm hvid forstøbning af SYNOPAL 0—2 mm og hvid cement



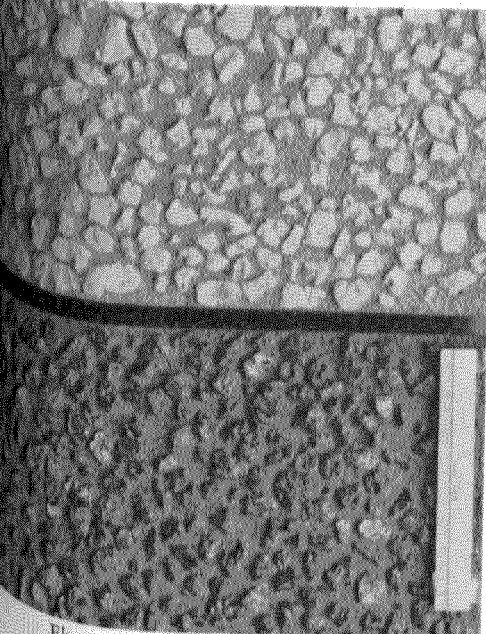
Terrazzoslebne Synopalbetonfliser udlagt på Aarhus Rådhusplads

overvejende amorf, blåhvid og af glasagtig karakter. Frittekornene opvarmes nu i en anden rotérovn, hvor der sker det i teknisk-kemisk henseende interessante, at der indtræder krystallation, uden at kornene smelter, og uden at kornstrukturen ændres.

Det færdige materiale kaldes Synopal. Synopalkornene er helt hvide, materialet fuldstændig udkrystalliseret og overfladen fuld af fine blærer.

### *Hvide betonvarer.*

Som før nævnt er anvendelsen af Synopal inden for betonindustrien kommet særlig hurtigt i gang i Tyskland. Nye bestemmel-



Eksempler på facadeelementer med frilagte Synopalkorn i størrelsen 15—25 mm. Elementerne er støbt med facadesiden opad og frilagningen er foretaget ved afvaskning

4 timer efter udstøbningen.

For oven ses almindelig hvid SYNOPAL og for neden ses en mørkeblå, glaseret

**SYNOPAL**

ser om betonstens refleksionsevne og slidbarhed, når de benyttes som kantsten, afvisere og i fodgængerovergange, har skabt behovet. Den nordtyske cementkoncern, Alsen Cement-Werke i Hamburg og Itzehoe, har på sine laboratorier gennemført styrke- og lyshedsmålinger, som har vist, at Synopal er det eneste hvide tilslagsmateriale, som giver den færdige beton både fornøden refleksionsevne og høj mekanisk styrke.

Til Hamburg produceres for ti-

den et parti fortovsfliser svarende til 20.000 m<sup>2</sup> med Synopal forstøbning, og andre fabrikker arbejder med kantsten og randsten til hovedvejsanlæg.

Synopals høje friktionskoefficient såvel i tør som våd tilstand samt dets modstandsdygtighed mod kemikalier gør det særlig egnet som tilslagsmateriale til betonfliser, også til industrien. Selv slebne betonflader forbliver ru, når de bliver våde.

På Aarhus Rådhusplads er disse egenskaber udnyttet i de nye store terrazzoslebne betonfliser støbt med almindelig Portland cement og Synopal fra 1,5-8 mm.

#### *Frilagte facadeelementer.*

Muligheden for at få større Synopalkorn, f. eks. 8-12 mm og 15-25 mm, har fremkaldt yderligere



Synopalbetonfliser udlagt på gågaden i Aalborg.

et anvendelsesområde for Synopal, frilagte facadeelementer, dels i form af beklædningsfliser og dels som hele vægelementer. Til at skabe afveksling i de moderne bygningers store betonflader, og for at opnå en arkitektonisk mere værdifuld struktur, har man i de senere år i stigende omfang støbt frilagte elementer med anvendelse af forskellige, ofte farvede, natursten.

Ingeniørfirmaet Karl Krøyer, Viby J., har derfor indledt en fabrikation, foreløbig i mindre skala, af kulørt Synopal. 8-12 mm og 15-25 mm Synopalkorn påføres en keramisk glasur tilsat pigment og brændes, hvorved der fremkommer kulørte sten i farver, der er fuldstændig lysægte og vejrbestandige, ganske som de gængse keramiske produkter, der har været kendt i århundreder.

Synopalkornenes særlig struktur giver en meget karakteristisk stofvirkning, og farvemulighederne er legio. Hertil kommer, at det ved den benyttede teknik er lettere at holde farvenuancerne inden for snævre grænser end ved natursten, hvor nuancen ofte varierer mellem de forskellige årer i stenbruddet.

Kulørt Synopal fremstilles i

standardfarverne musegrå, isgrå, turkisgrøn og pastelblå. Det er dog også muligt at fremstille kraftigere farver. Den almindelige hvide Synopal benyttes også til frilægninger, men mange finder, at store facadepartier bliver alt for blændende hvide på denne måde, og blandinger af hvid og kulørt Synopal er derfor også ved at vinde udbredelse.

#### *Andre anvendelser.*

Formålet med denne artikel har været at give en generel orientering om nogle af de anvendelsesmuligheder inden for betonvareindustrien, hvor Synopal hidtil har været afprøvet i større stil i praksis. En række andre anvendelsesmuligheder er imidlertid også aktuelle, f.eks. til konstruktionsbeton og specielle betonkvaliteter, hvor man kan kombinere de allerede nævnte egenskaber ved Synopal med den fordel, det er at anvende et tilslagsmateriale med forholdsvis lav vægtfylde. Forsøgsrækkerne i forbindelse hermed er endnu ikke afsluttet.

I en kommende artikel vil de betonteknologiske spørgsmål blive behandlet nærmere.

#### HOVEDDATA:

*Standardkornstørrelse:* 0-2 mm, 2-5 mm, 5-8 mm og 8-12 mm.

*Vægtfylde:* 2,6-2,2 g/cm<sup>3</sup>.

*Litervægt:* 1,1-1,4 kg/l, afhængig af kornfraktionen.

*Hårdhed:* 7,0-7,5 efter Moh's skala.

*Lysrefleksionsevne:* tør tilstand 77 pct. diffus (Magniumoxid 100 pct.)

våd tilstand 71 pct. diffus (Magniumoxid 100 pct.)

Fabrikation: A/S SYNOPAL, Thisted.

Salg og teknisk rådgivning: KARL KRØYER, Viby J.

# Synopal og beton

Ingeniør Knud Puckman, Fa. Karl Krøyer, Viby J., har stillet efterfølgende artikel til rådighed for medlemsbladet. I artiklen, der er en fortsættelse af artiklen under samme overskrift i bladets aug-nummer, omtales de betonteknologiske problemer ved anvendelsen af Synopal som tilslagsmateriale.

I en artikel med ovennævnte titel i D.B.I.'s medlemsblad 8/65 er der givet en generel orientering om anvendelse af Synopal inden for betonvareindustrien. Denne fortsættelse af artiklen skal forsøge at gå nærmere ind på de betonteknologiske spørgsmål og trække nogle af de egenskaber og forhold frem, hvorved beton, som helt eller delvis er fremstillet med Synopal-tilslagsmaterialer, adskiller sig fra almindelig beton.

Først skal det pointeres, at der principielt ikke er nogen forskel i fremstilling af almindelig beton og Synopal-beton. Synopal-beton består som al anden beton af cement, tilslagsmaterialer og vand. Den eneste ændring er, at tilslagsmaterialerne består af syntetiske, hvide korn. I princippet proportioneres Synopal-beton da også som beton med knuste natursten, og de kendte betonteknologiske regler om styrkens afhængighed af vand-cement-forholdet, cementtypen, blandingsforholdet, m.m. er helt gældende.

Synopal er et industrielt produceret stenmateriale, hvis tekniske

egenskaber på flere væsentlige punkter overgår de stenmaterialer, som naturen selv har kunnet fremstille. Synopalkornene har en kubisk og uregelmæssig, kantet form. Kornene indeholder lukkede porer, og overfladen har fine blæregtige celler.

Det produkt, der fremkommer ved fremstillingen, dækker hele kornstørrelsesområdet fra 0 til 30 mm (dog hovedsageligt 2-12 mm). For at opfylde de varierende krav og ønsker om kornstørrelser fin-sigtes råmaterialet i standardfraktioner, hvis vægtfylde, rumvægt og kornstørrelsesfordeling fremgår af hhv. fig. 1 og sigtediagrammet fig. 2.

Ud over de nævnte standardfraktioner formales en del af produktionen til helt fine kornstørrelser som 0-20 my, 0-90 my, 0-140 my, m.fl., ligesom der i området fra ca. 2 mm og op til 30 mm findes glaseret Synopal i forskellige

Fig. 1 Synopals vægt.

Kornstørrelse mm	Vægtfylde g/cm <sup>3</sup>	Rumvægt (stampet) kg/l
0,0—0,5	2,60	1,3
0,5—1,5	2,48	1,2
1,5—2,0	2,38	1,1
0—2	2,51	1,4
2—5	2,28	1,1
5—8	2,15	1,1
8—12	2,04	1,1
12—15	1,99	1,1
15—30	2,05	1,2

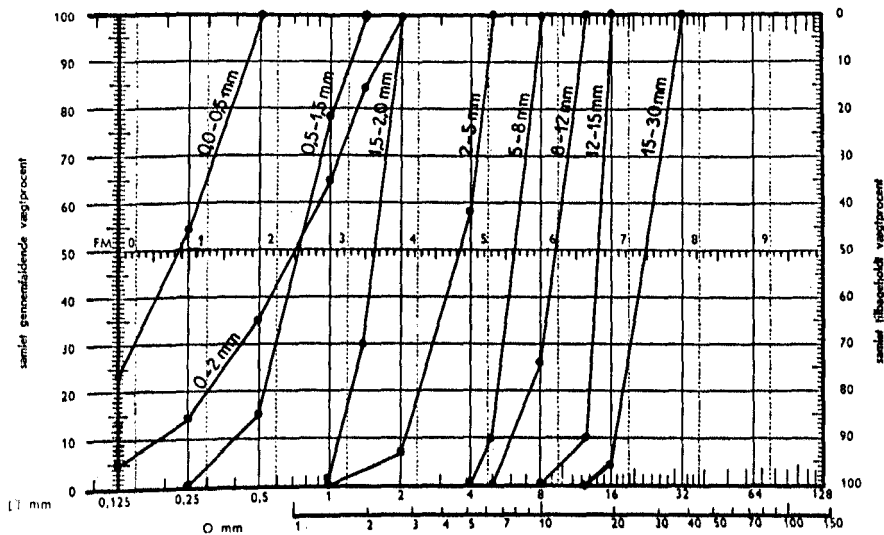


Fig. 2. Standardfraktionernes kornkurver.

lysægte og vejrbestandige farver. Den glaserede Synopal er hovedsageligt beregnet til fremstilling af betonfacader med frilagt stenoverflade.

Som nævnt indeholder de enkelte Synopal-korn porer (celler), som ikke står i forbindelse med kornoverfladen. Porerumfanget er størst for korn over 2 mm og er maksimalt for fraktionen 12-15 mm, hvor porøsiteten andrager ca. 25 %. Man skulle tro, at et materiale med op til 25 % porer ville have en overmåde stor vandabsorbti on og dermed bl.a. være frostfarligt. I virkeligheden er vandabsorbti onen mindre end for granit (ca. 0,2-0,5 %), og frostforsøg har da også vist, at Synopal er absolut frostsikker. Den ringe vandabsorbti on bevirker også, at Synopal-betons svind er mindre

end eller lig med almindelig beton og mindre end letbeton, som Synopal-beton vægtmæssigt er at sammenligne med. Letbeton har normalt et væsentligt svind netop på grund af de lette tilslags store vandabsorbti on og deraf følgende rumfangsændringer.

Et stenmateriale med stor porøsitet har god varmeisolation, men porøsiteten nedsætter normalt også materialets styrke. For Synopals vedkommende er forholdet imidlertid det, at materialet har styrker svarende til de stærkeste naturstensmaterialer, og samtidig i kraft af sin porøsitet har de dermed forbundne fordele med hensyn til lethed og isolation.

Betonteknologisk er kontaktzonen mellem gruspartiklerne og cementpastaen almindeligvis det svageste led i en betons struktur, men

kontaktstyrken og dermed betonstyrken stiger med voksende uregelmæssighed af kornformen og voksende ruhed på kornoverfladen. Synopal har netop en udpræget uregelmæssig, kantet form og ru, celleagtig overflade og frembyder derved de gunstigste forhold for vedhæftningsmuligheder til limmasser som cementpasta. Af eksemplet på beton til hvide afmærkningssten, fig. 3, fremgår det

Fig. 3: Eksempel på Synopal-betons egenskaber.

Beton til hvide vejafmærkningssten.

**Betondata:**

Blandingsforhold efter vægt: 1 : 3,6

Cementindhold : 429 kg/m<sup>3</sup> hvid Portland cement (PZ 275)

Vandcementforhold : 0,40

Grussammensætning : 20 % Synapol 0,0—0,5 mm

15 % „ 0,5—1,5 „

20 % „ 2—5 „

45 % „ 8—12 „

Sammensat gruskornkurve : Vægtprocent gennemfald på sigte:

mm	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
%	5	11	22	33	36	47	67	100
Betonstyrker m. m.				3 døgn	7 døgn	14 døgn	28 døgn	
Trykstyrke <sup>1</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		543	638	765	803		
Bøjningstrækstyrke <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>			73		77		
Svind	mm/m		0,02	0,06	0,11	0,16		

1) Trykstyrken bestemt på 20 cm terninger.

2) Bøjningstrækstyrken bestemt på 10×15×70 cm bjælker.

ca. 77 % (MgO = 100 %) i tør tilstand og ca. 71 % i våd tilstand, og praktisk taget alt lyset tilbagekastes diffust. For Synopal-beton støbt med hvid cement er der målt lysrefleksionsværdier på ca. 77 % for en ubehandlet, våd overflade og ca. 72 % for sleben, våd overflade.

For betonvarer til vejsektoren,

da også, at Synopal-beton har trykstyrker, der ligger ca. 40 % højere end tilsvarende beton med runde tilslagsmaterialer.

Farvemæssigt er Synopal hvid både i tør og våd tilstand, i modsætning til naturmaterialer, der normalt bliver meget mørkere i våd tilstand. En nedgang i lysreflektionsevnen på 60 % er ikke ualmindeligt for naturmaterialer. Synopalkorn har en refleksion på

d.v.s. kantsten, fliser, rabatsten, afmærkningssten og autoværn har den lysreflekterende og vedligeholdelsesfrie Synopal-beton en indlysende fordel, idet de lyse betonvarer vil kunne skabe bedre kørselssikkerhed og desuden gøre det muligt at reducere udgifterne til belysning — både med hensyn til anlæg og drift.

Foruden de allerede nævnte fordele har Synopal stor slidfasthed. Slidforsøg udført med Böhmes slibeskive har vist, at Synopal-betonoverfladers slidtab ligger mellem 0,1-0,2 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>. Til sammenligning kan nævnes, at slidtabet efter DIN højst må være 0,3 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>.

Synopal - betonplader er skridsikre, idet cellekanterne er meget stærke og kun langsomt nedbrydes ved mekaniske påvirkninger. Selv om Synopal-kornene skulle blive slidt, vil de dog til stadighed være skridsikre, fordi de indre celler i kornene da vil træde frem. En sleben Synopal-betonflade vil derfor altid være skridsikker både i tør og — hvad der er det vigtigste — også i våd tilstand — ja, selv sæbe nedsætter kun skridsikkerheden ubetydeligt, og heri ligger den væsentlige forskel fra almindelige, slebne betonflader. Den, der blot een gang har taget en rutchetur med ubestemt mål på et glat badeværelsesgulv, er ikke i tvivl om, hvorfor belægninger, der bliver udsat for fugt, bør være skridsikre.

Slidlaget til skridsikre, slebne betonfliser, kan fremstilles af grå eller farvet cement og Synopal i en eller flere af kornstørrelserne 0-2, 2-5, 5-8, 8-12 mm i blandingsforholdene fra 1:1 til 1:3 afhængigt af, hvor fliserne skal anvendes. Oftest fremstilles slidlaget af 1 rumdel cement til 1,5 rumdel Synopal 2-5 mm med tilsætning af ca. 5-10 % mørke marmorskærver for at give fladen »spil«. Med hen-

syn til slibearbejdet skal det bemærkes, at da Synopal er meget hårdt, (hårdhed ca. 7-7,5 efter Moh's skala) bør der anvendes slibeskiver med så stor slibeeffekt som muligt.

Forstøbning til hvide fliser og kantsten kan f.eks. bestå af hvid cement og Synopal 0-2 og/eller 2-5 mm i blandingsforholdene 1:2 til 1:3. Eventuelt kan der tilsættes en del (5-20 %) lyst strandsand, som kun i ringe grad vil nedsætte hvidheden. Ofte kan en dæmpning af hvidheden på fliser ligefrem være ønskelig.

Til slut skal enkelte forhold vedr. støbning af Synopal-facadeelementer omtales. Overfladen på facadeelementer kan enten være glat eller ru, det sidste opnåes ved, at frilægge grusmaterialerne, d.v.s. fjerne cementskuden på overfladen, så stenene og sandet i betonen træder frem og derved bestemmer overfladens struktur og farve. Da Synopal forefindes i forskellige farver, er der rige muligheder for at skabe en alsidig, arkitektonisk overfladevirkning. Frilagte facadeelementer kan støbes enten med facadesiden opad (retvendt) eller nedad (omvendt) mod forbundnen. Synopal kan med fordel anvendes ved begge metoder.

Den retvendte støbemetode — som ofte er den eneste anvendelige, når bagsiden af elementet ønskes udstøbt med ribber o.l. — er særligt velegnet for Synopal, fordi Synopal-kornenes specielle overfladestruktur og mindre vægtfylde end natursten bevirker, at Syno-





Fig. 4. Synopal (forstørret).

pal-stenene under vibration lægger sig lige i betonoverfladen i modsætning til natursten, der normalt bevæger sig nedad i betonmassen og derved vanskeliggør frilægningsprocessen. Yderligere opnås der ved den retvendte støbemetode, at undersiden, d.v.s. den side, der kommer til at vende indad i bygningen — bliver plan og ofte ikke kræver yderligere efterbehandling. Eventuelt kan en indvendig beklædning ligefrem udlægges i formbunden og indstøbes direkte i elementet.

Glatte, afsyrede betonflader har altid været vanskelige at fremstil-

le uden skjolder. Udscendet påvirkes af mange faktorer, bl.a. udstøbning, komprimering, konsistens, formene, m.m. og specielt af de fine sandmaterialer og det samlede tilslags hygroskopiske egenskaber. Det er en kendt sag, at naturmaterialer bliver mørkere, når de er våde. I det skiftende og fugtige skandinaviske klima får plane, afsyrede betonflader derfor normalt et uregelmæssigt, skjoldet udseende. Disse forhold opstår ikke ved anvendelse af Synopal, der dels ikke er hygroskopisk og dels har samme farve både i tør og våd tilstand, såvel i de fine som de grovere fraktioner. Glatte, afsyrede Synopal-facadeelementer kan derfor fremstilles uden skæmmende overfladeeffekter.

I denne artikel er kun de mest karakteristiske betontechniske forhold omtalt. Betonområdet er stort — Synopal noget nyt — så der vil naturligt være mange forhold endnu, der kræver nærmere belysning. Et større forsøgsprogram er igangsat ved et nyoprettet betonlaboratorium i Viby. Laboratoriet yder Synopal-forbrugerne gratis vejledning i betontechniske spørgsmål og står til rådighed ved prøvestøbninger, ligesom facadeelementprøver med farve og struktur efter ønske eller prøvemateriale kan rekvireres.