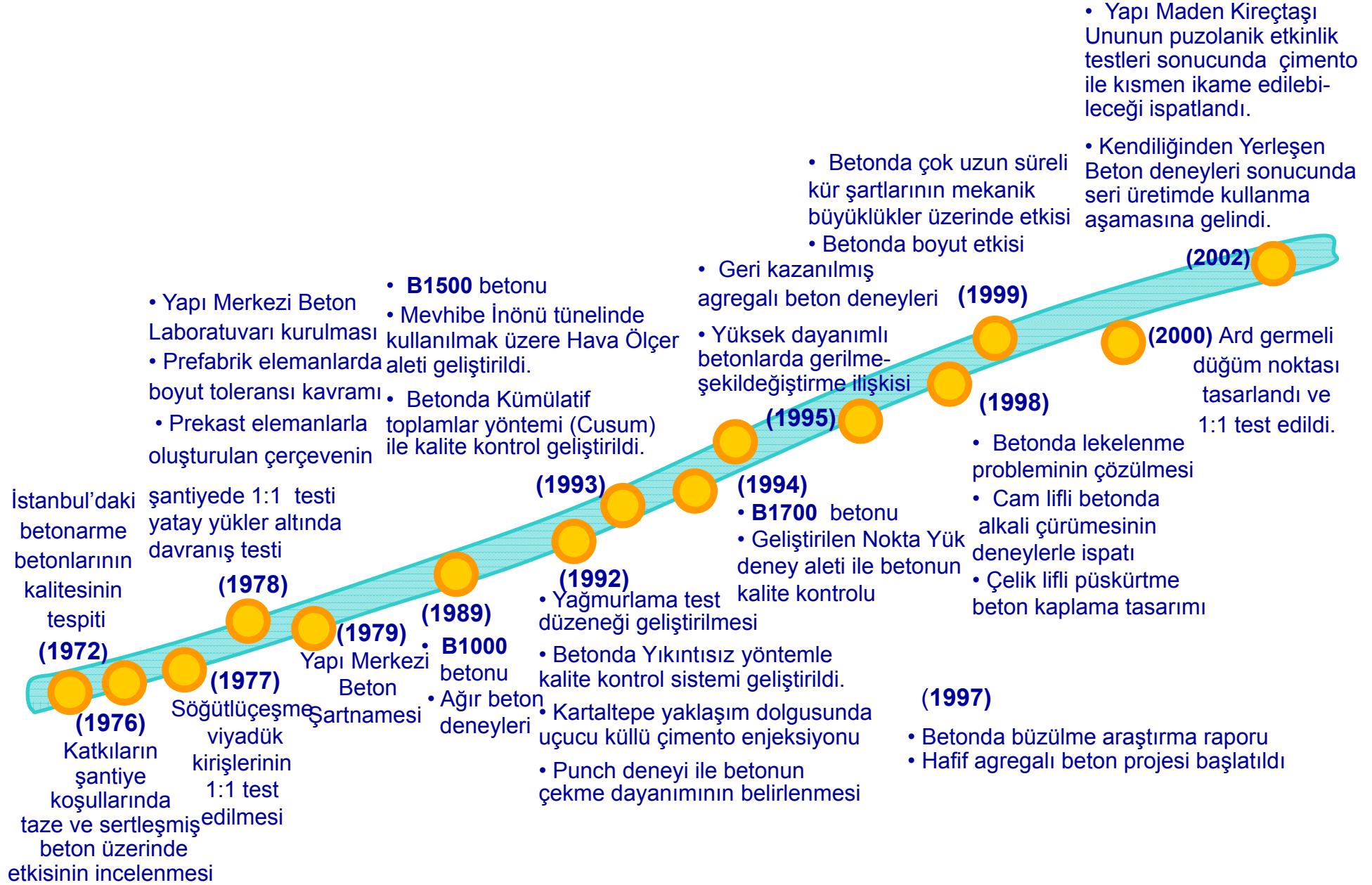


# YAPI MERKEZİNDE BETON KONUSUNDA KİLOMETRE TAŞLARI



## KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON ARAŞTIRMA PROJESİ

### AMACIMIZ :

- ÖZELLİKLE JAPON BETON TEKNOLOJİSİNDE KULLANIMI YAYGINLAŞAN “KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON” KONUSUNDA BİLGİ BİRİKİMİMİZİ OLUŞTURMAK VE GELİŞTİRMEK
- SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİM VE ÇEVRE AÇISINDAN , ATIK MALZEMELERİN (TAŞ UNU, UÇUCU KÜL VB.) DEĞERLENDİRİLMESİ
- ARAŞTIRMA PROJESİ ÇERÇEVESİNDE DENEYSEL ALETLERİN TASARIMI VE İMALATINI SAĞLAMAK
- UYGULAMAYA DÖNÜK OLARAK “KATMA DEĞERİ YÜKSEK ÜRÜN” TASARIMI

**AR-GE BÖLÜMÜ TARAFINDAN YÜRÜTÜLEN**  
**KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON**  
**DENEYLERİ HAKINDA**  
**KISA BİLGİ FÖYÜ**

**HAZİRAN / 2002**

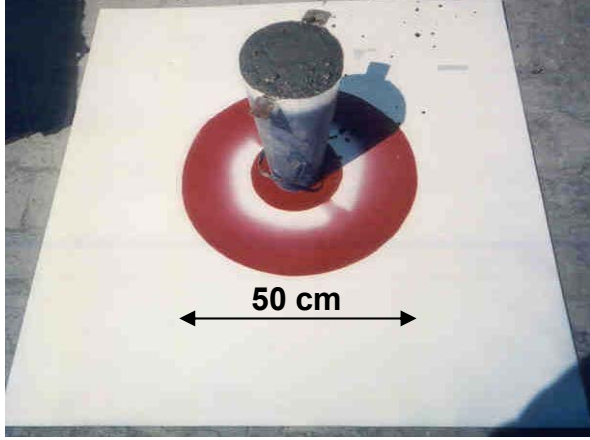
## **Deneylerimiz Hakkında Genel Bilgiler :**

**Aralık 2001' de Bölümümüz tarafından teori ve uygulamayı içerecek şekilde hazırlanan ve sunulan "Kendiliğinden Yerleşen Beton" raporumuzu takiben Ocak-Mart 2002'de Kendiliğinden Yerleşen Beton'da çok önemli bir işlevi üstelenecek olan özellikle Kireçtaşı Ununun ve Uçucu külün (Orhaneli) puzolanik etkinliği deneylerle araştırılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Mayıs 2002 itibarı ile de Kendiliğinden Yerleşen Beton konusundaki ilk deneylere başlanmış ve çok kısa sürede tamamlanarak (Çizelge 2) Prefabrikasyon A.Ş'nin üretimlerinde kullanılma aşamasına gelinmiştir. Şantiye bazında ise kısa bir eğitim sürecini takiben Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB) hayata geçirilebilecektir.**

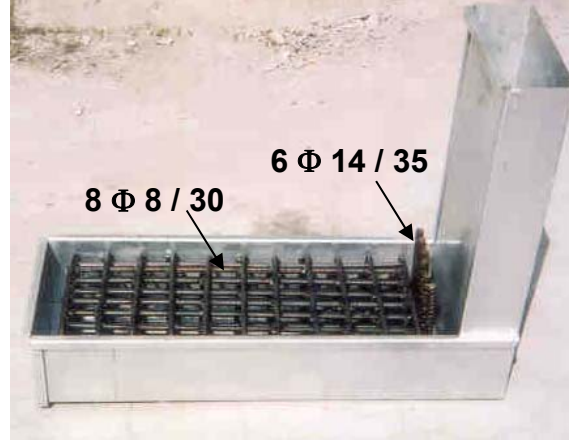
Bu bilgi föyünde aşağıdaki özellikler kısaca incelenmiştir :

- 1) Katkı kullanım oranlarının basınç dayanımı ve maliyet bazında etkinliği araştırılmıştır.
- 2) Çimento ve puzolanın değişen oranlarda kullanımının yerleşebilirlik ve basınç dayanımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda farklı puzolanik madde oranları için istenen beton sınıfına göre çimento/(çimento+puzolan) oranı **% 27-% 55** olarak seçilmiştir. Toplam ince madde miktarı (çimento+puzolan) çoğunlukla **550 kg/m<sup>3</sup>**, su / ince madde (çimento+puzolan) oranı ise genellikle sabit= **0.35** olarak seçilmiştir. Puzolan kullanılması, toplam ince madde miktarı (sabit) içinde çimentonun azaltılarak -özellikle C20-C35 sınıfı betonlarda- ekonomi sağlanması bakımından büyük önem taşımaktadır.
- 3) Puzolan bulunmadığı durumlar için ise iri agrega yüzdesi azaltılarak yeni bir karışım tasarımı yapılmıştır.
- 4) Kendiliğinden Yerleşen Betonun üretiminde kullanılacak yöntemler ve dikkat edilecek bazı kurallar da kısaca takdim edilmiştir.

## YAPI MERKEZİ ATÖLYE TARAFINDAN GELİŞTİRİLEN EKİPMANLAR

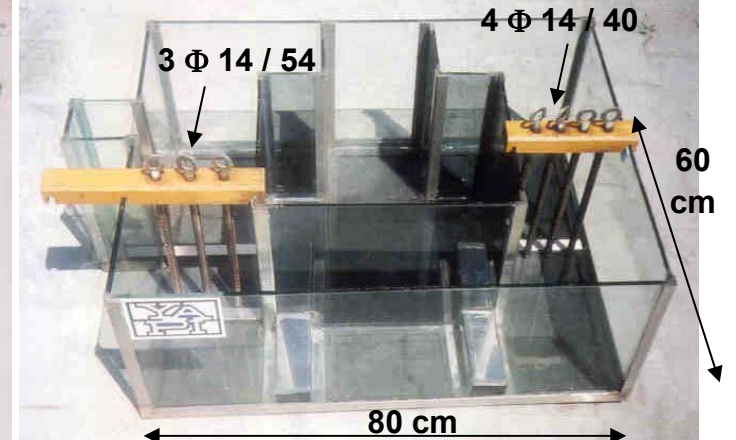


**Yayılma testi**



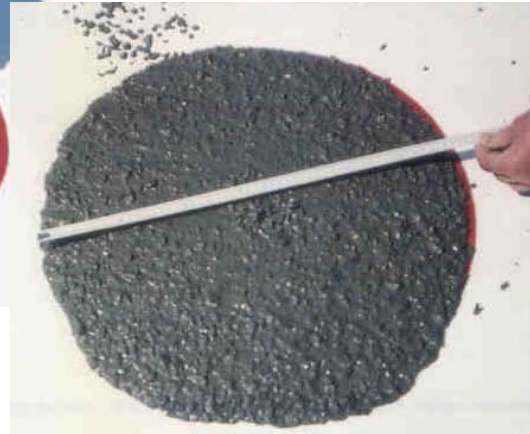
**Doldurma yeteneği testi**

(L kutusu literatürde mevcuttur, içindeki kafes ise tarafımızdan geliştirilmiştir)

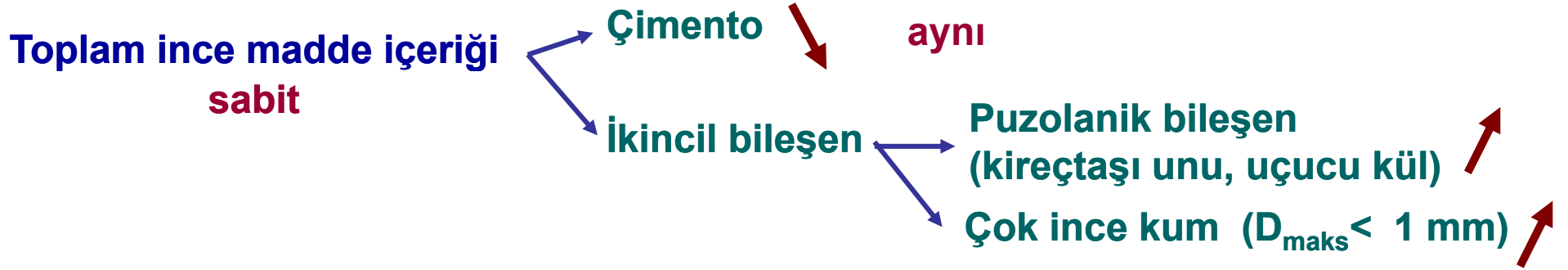


**Yayılma ve doldurma yeteneği testi**

(Konsan firmasının deney düzeneğinden esinlenerek geliştirilmiştir)



## KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONDA TEMEL İLKELER



- Hamurun deformasyon yeteneğini dikte ettiren faktörler

**Akışkanlaştırıcı katkı**

**Uygun su / ince madde içeriği**

- Daneler arası sürtünmenin azaltılması

**Düşük iri agrega hacmi**

**Optimum gradasyon**

**İnce madde içeriği**

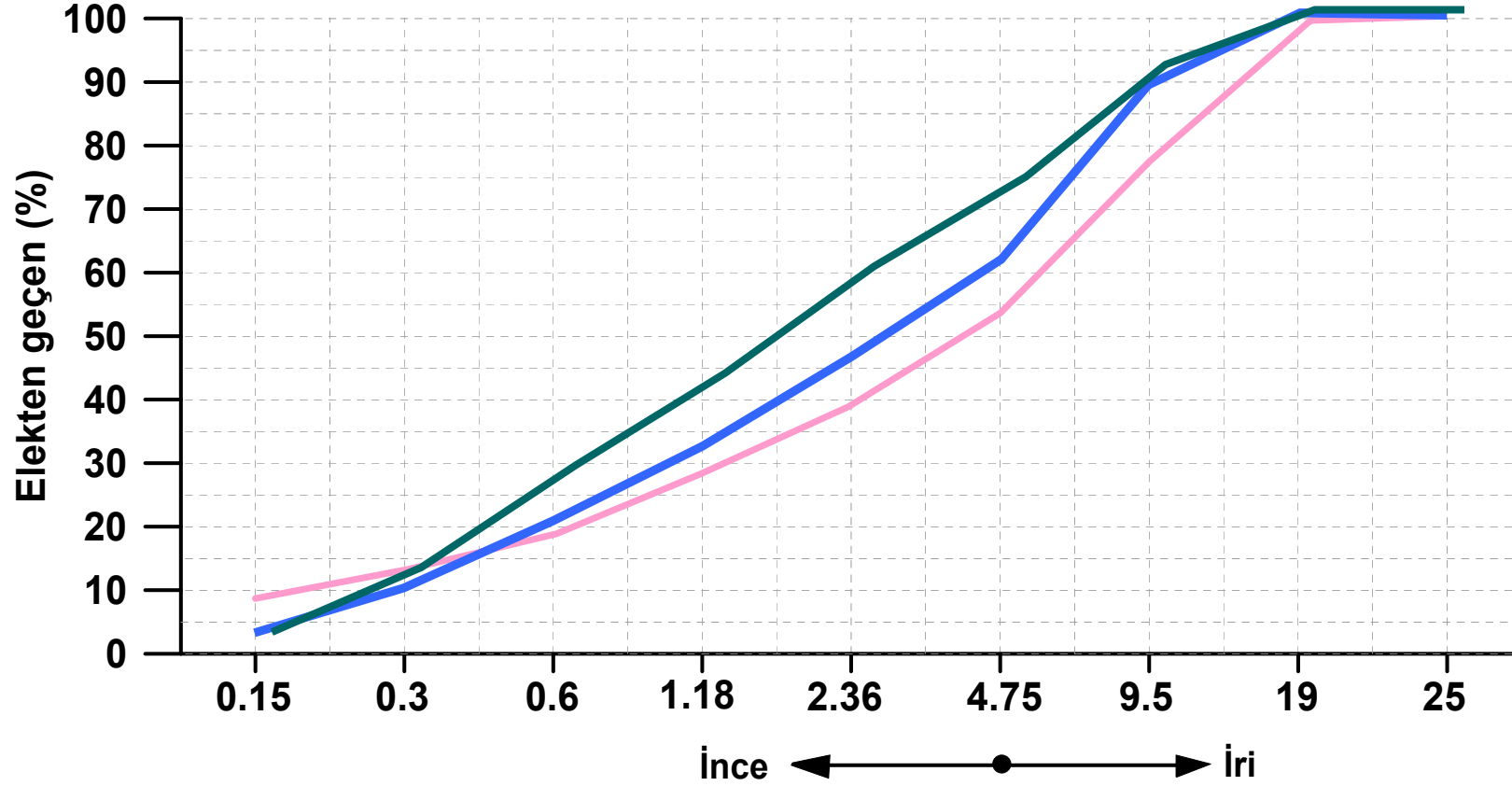
**Değerlendirme notu : Kendiliğinden Yerleşen Beton'da "ince madde"nin nerede ise çimento kadar önemli diğer bileşeni olan ikincil bileşen (dane boyutu <1 mm) özellikle puzolanik olması durumunda beton sınıfına göre 1m<sup>3</sup> betonda 300 kg/m<sup>3</sup>'e varabilen ölçüde kullanılarak maliyet / dayanım optimizasyonu gerçekleştirilir.**

Çizelge 1 AR-GE Bölümünün Kendiliğinden Yerleşen Beton için Öngördüğü Karışım Bileşenleri ve Literatürel Karşılaştırması (Bkz. Çizelge 2 DK 44-47, 49, 54)

Miktar ve oran	Miktar (kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Oran	V (lt/m <sup>3</sup> )	Literatürel öneriler
<b>M<sub>ç</sub></b>	<b>400</b>	3.1		129.0	
<b>M<sub>u.kül</sub> (veya M<sub>un</sub>)</b>	<b>150</b>	2.12		70.8	
<b><math>\Sigma M_{ince\ madde} = M_{ç} + M_{u.kül} (+ M_{un})</math></b>	<b>550</b>			199.8	450-600 kg/m <sup>3</sup> , 160-190 lt/m <sup>3</sup>
<b>M<sub>su</sub></b>	<b>192.5</b>	1		192.5	150-200 lt
<b>V<sub>hava</sub></b>				20	
<b>M<sub>akışkanlaştırıcı</sub></b>	<b>3.8 - 6.6</b>		<b>(% 0.7-1.2)</b>	<b>M<sub>ince madde</sub></b>	
<b>M<sub>su</sub> / M<sub>ç</sub></b>			<b>0.48</b>		
<b>M<sub>su</sub> / M<sub>ince madde</sub></b>			<b>0.35</b>		0.28-0.45 D <sub>maks</sub> ≤ 20 mm
<b>V<sub>hamur</sub></b>				<b>390</b>	340-420 lt/m <sup>3</sup>
<b>V<sub>top. agrega</sub></b>				587.7	
<b>M<sub>No I</sub></b>	714.1	2.7	<b>0.45</b>	264.5	750-920 kg/m <sup>3</sup> 300-340 lt/m <sup>3</sup>
<b>M<sub>taş tozu</sub></b>	474.3	2.69	<b>0.3</b>	176.3	
<b>M<sub>dağ kumu</sub></b>	377.6	2.57	<b>0.25</b>	146.9	
<b>M<sub>ince agrega (i.a)</sub></b>	852			323.2	710-900 kg/m <sup>3</sup> , V <sub>i.a</sub> = 0.4-0.5 V <sub>harç</sub>
<b>V<sub>harç</sub></b>				715.5	
<b>M<sub>su</sub> / (M<sub>ince madde</sub> + M<sub>kum</sub>)</b>			<b>0.14</b>		0.12-0.17
<b>V<sub>i.a</sub> / V<sub>no I</sub></b>			<b>1.22</b>		
<b>V<sub>i.a</sub> / V<sub>hamur</sub></b>			<b>0.83</b>		
<b>V<sub>i.a</sub> / V<sub>harç</sub></b>			<b>0.45</b>		< 0.5
<b>Yayılma</b>	<b>65-75 cm</b>				65-75 cm
<b>L kutusu H<sub>1</sub>/H<sub>2</sub> oranı</b>	<b>&gt; 0.8</b>				> 0.8
<b>f<sub>1</sub></b>	<b>17-22 MPa</b>				
<b>f<sub>28</sub></b>	<b>C 50</b>				



## KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONDA AGREGA GRADASYONU



- Talbot eđrisi ( $D_{maks}= 16$  mm)
- Toplam ince madde içeriği  $> 500$   $kg/m^3$  olan kendiliğinden yerleşen beton üretimleri için AR-GE önerisi (% 45 No 1, % 30 Taş tozu, % 25 Dağ kumu,  $D_{maks}= 16$  mm)
- Toplam ince madde içeriği  $= 450$   $kg/m^3$  olan elemanlarda (öngermesiz) kendiliğinden yerleşen beton için denenmiş gradasyon (% 30 No 1, % 34 Taş tozu, % 36 Dağ kumu,  $D_{maks}= 16$  mm)

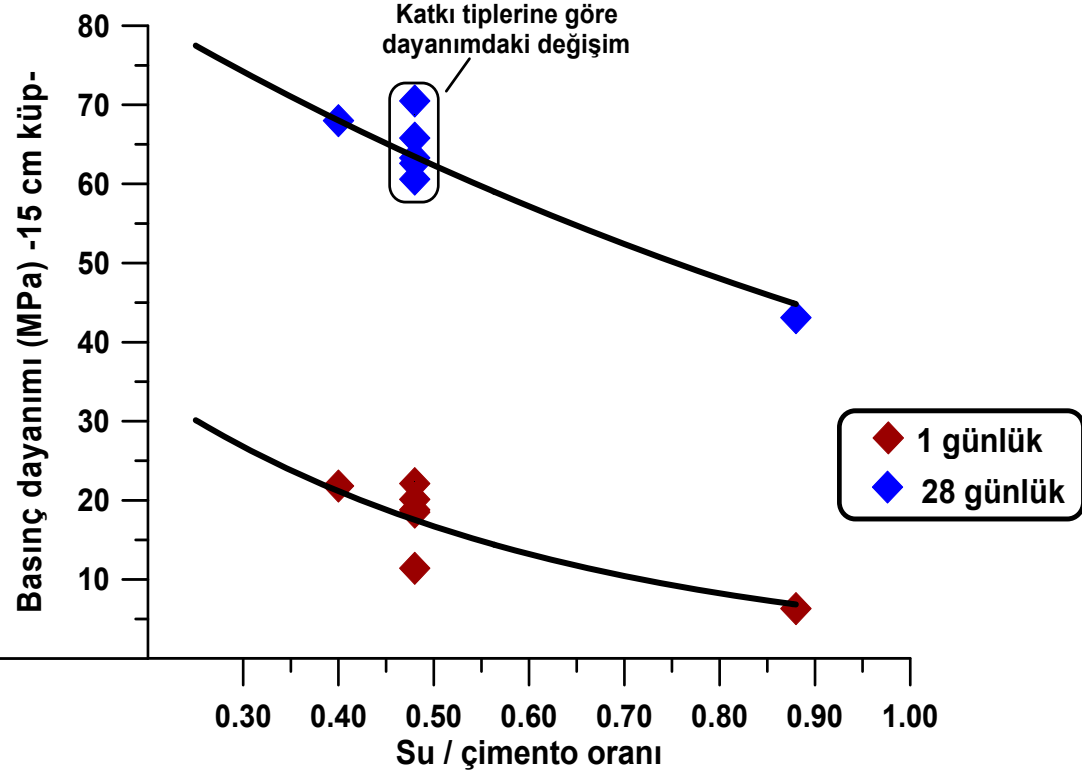
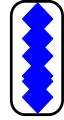
**ÇİZELGE 2 MAYIS AYINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON DENEY SONUÇLARI**

No	Katkı	Çimento (kg/m <sup>3</sup> )	Puzolanik bileşen (Uçucu kül) (kg/m <sup>3</sup> )	1 gün (MPa)			28 gün (MPa)			Kırım yoğunluğu (t/m <sup>3</sup> )		Su emme	Numune sayısı	Üretim tarihi
				1.	2.	Ort.	1.	2.	Ort.	1	2			
<b>Laboratuvar denemeleri</b>														
DK 44	YKS Glenium 51 % 0.6	400	150	18.1	18.9	18.5	61.1	60.1	60.6	2.34	2.33		4	8.5.2002
DK 45	YKS Ace 30 % 0.6			22.2	21.9	22.1	71.1	69.9	70.5	2.36	2.36		4	8.5.2002
DK 46	Sika Viscocrete % 0.77			18.7	18.9	18.8	61.1	64.1	62.6	2.38	2.38		4	8.5.2002
DK 47	Onto % 0.9			11.9	11.0	11.4	67.3	64.3	65.8	2.34	2.36		4	9.5.2002
DK 49	Chryso % 0.85			20.0	20.2	20.1	64.8	61.9	63.3	2.29	2.31		4	9.5.2002
DK 54	Konsan Smartflow % 1			21.1	22.4	21.8							5	29.5.2002
DK 48	YKS Ace 30 % 0.96	300	200	22.7	22.1	22.4	70.8	66.9	68.8	2.37	2.35		4	9.5.2002
DK 50	YKS Ace 30 % 0.5	250	300	6.2	6.3	6.3	43.1	43.1	43.1	2.22	2.22			9.5.2002
DK 55	Konsan Smartflow % 1.2	450	0	18.3	18.2	18.3								29.5.2002
<b>Üretimde yapılan uygulama</b>														
Ü <sub>1</sub>	YKS Ace 30 % 0.85	250	300				55.1	56.4	55.8	2.34	2.30		2	9.5.2002
Ü <sub>2</sub>	YKS Ace 30 % 0.85	435	115											2
Ü <sub>3</sub>	Konsan Smartflow % 1.2	450	0	31.7 MPa (4 saatlik kür sonucu)									2	30.5.2002

Not : DK 54 ve DK 55 hariç tüm DK serisinde su / (çimento+uçucu kül) oranı 0.35'dir. DK 54'de 0.29, DK 55'de 0.38'dir.

## YAPI MERKEZİ KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON DENEYLERİ DAYANIM İLİNTİLERİ

Toplam ince madde = sbt.= 550 kg/m<sup>3</sup>  
(çimento+uçucu kül)



### Değerlendirme notu :

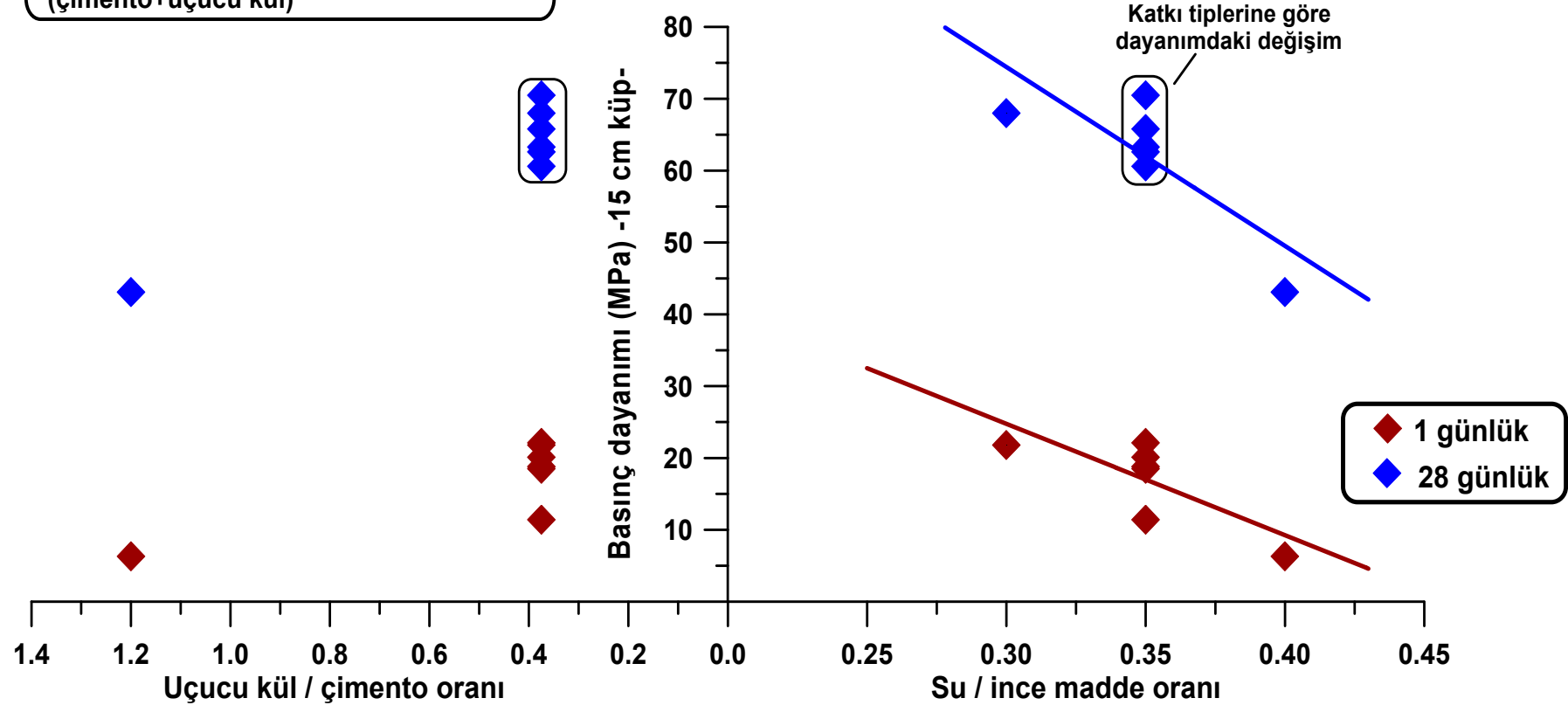
DeneySEL sonuçlar su/çimento oranı, çimento miktarı ve basınç dayanımı açısından irdelendiğinde su sonuçlar ön plana çıkmaktadır :

- Beklendiği gibi sabit kür süresinde, artan su/çimento oranına bağlı olarak basınç dayanımı düşmektedir. Dayanımlarda aynı su/çimento oranı için farklılıklar gözlenmektedir. Bu farklılığın temel kaynağı da kullanılan katkının kullanım yüzdesi ve kimyasal bağ yapısından gelen farklılıktır (diğer tüm faktörler aynı iken 28 günlük dayanımlar ortalama  $\pm 5$  MPa aralığında dağılmaktadır)

- Artan çimento miktarı ile basınç dayanımı verilen kür süresinde artmaktadır. Normal çimento miktarının (300 kg/m<sup>3</sup>) altındaki 250 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajında bile 28 günde C 35 düzeyinde dayanım elde edilmektedir.

## YAPI MERKEZİ KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON DENEYLERİ DAYANIM İLİNTİLERİ

Toplam ince madde = sbt.= 550 kg/m<sup>3</sup>  
(çimento+uçucu kül)

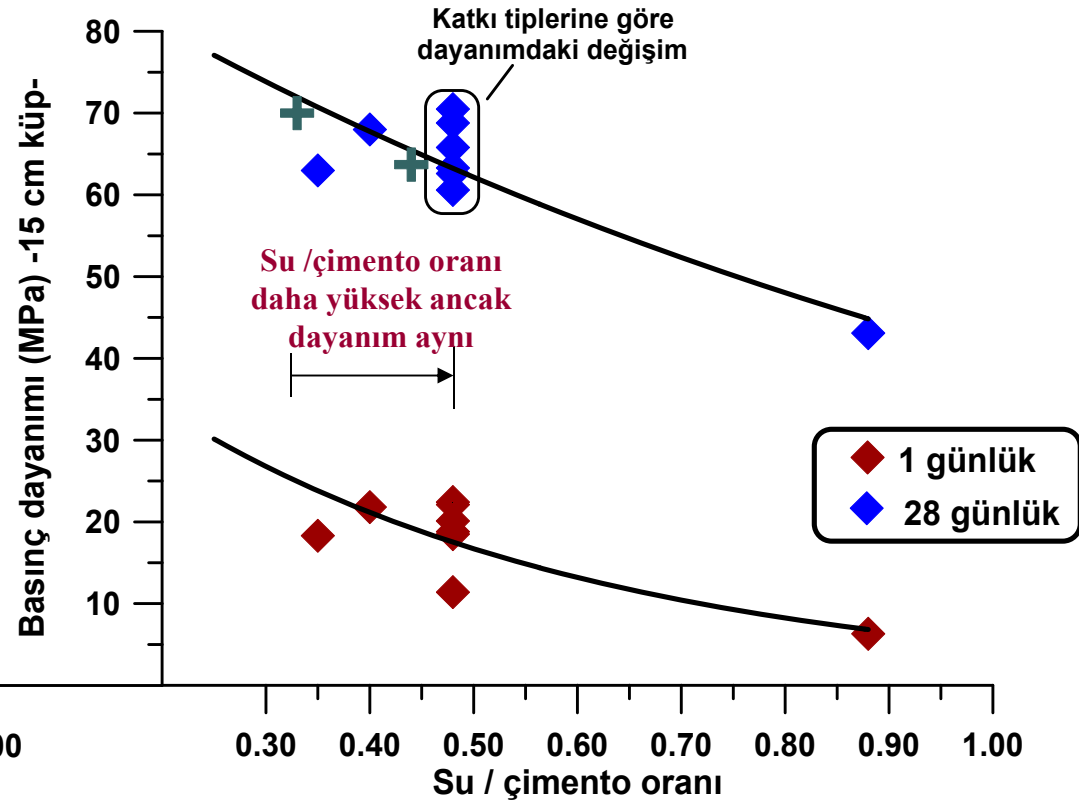
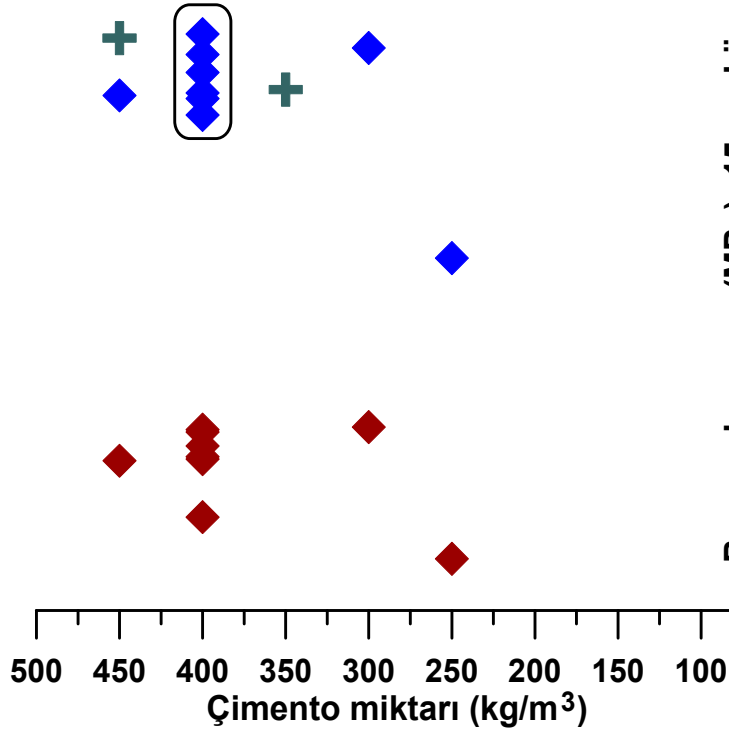
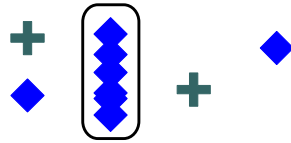


### Değerlendirme notu :

Kendiliğinden yerleşen betonun (KYB) önemli büyüklükleri olan su/ince madde oranı (ince madde=çimento+uçucu kül) ve uçucu kül/çimento oranı ile basınç dayanımı değişimi incelendiğinde şu burgular söz konusudur :

Verilen kür süresinde beklendiği gibi su/ince madde oranı arttıkça basınç dayanımı negatif eğim ile düşmektedir. **Yüksek basınç dayanımlarını ( ≥ C 50) sağlamak için su/ince madde oranı 0.3-0.35 dolayında alınmalıdır.** Artan uçucu kül (Orhaneli-C tipi) / çimento oranı ile birlikte basınç dayanımı beklendiği gibi azalmaktadır (Bu analiz toplam ince madde miktarı= 550 kg/m<sup>3</sup> için yapılmıştır, toplam ince madde miktarı değiştiğinde anılan oranlar da doğal olarak değişecektir).

KYB'da  $150 \text{ kg/m}^3$  daha az çimento kullanılarak aynı dayanım elde edilmiştir.

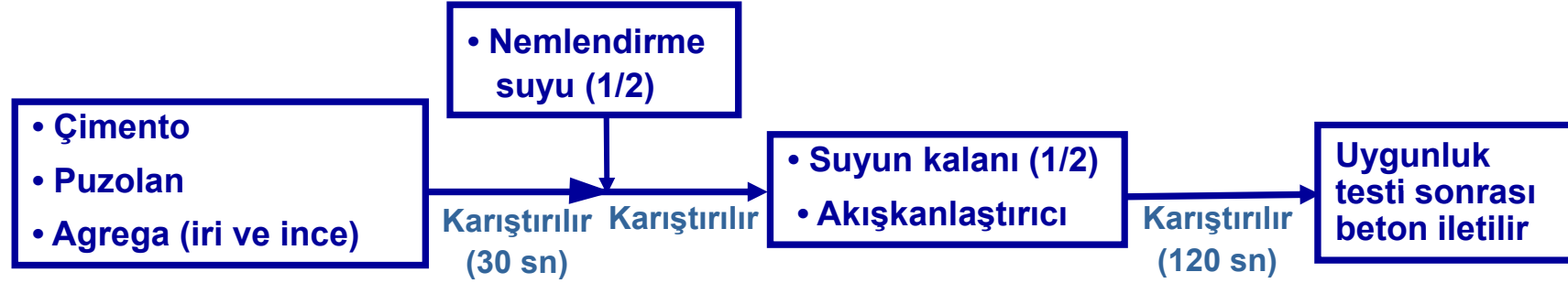


**Değerlendirme notu (tüm deney verileri, ince madde miktarı değişken) :**

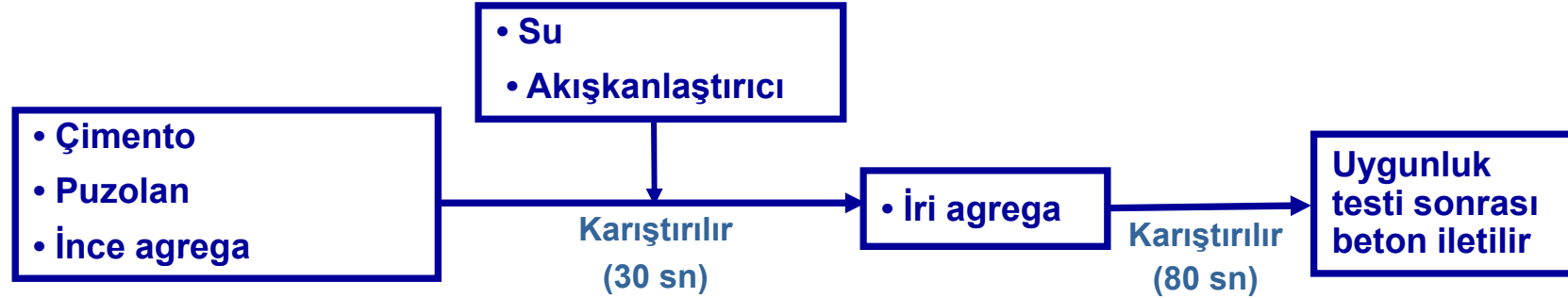
- Kendiliğinden yerleşen betonda (KYB) toplam ince madde içinde artan oranlarda uçucu kül (veya kireçtaşı unu) kullanılması ile **daha az miktar çimento kullanılarak -ekonomi yaratarak- daha yüksek dayanımlar** elde edilmesi sağlanmaktadır.
- Su/ ince madde miktarı (çimento+uçucu kül) sabit tutularak su/çimento miktarı artırılabilenkte -daha az çimento kullanılmakta- buna karşın uçucu külün pozolanik işlevi nedeni ile dayanım azalmamaktadır.

## KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON HAZIRLANMASINDA MİKSERDEKİ KARIŞTIRMA AŞAMALARI

### 1. Yöntem :

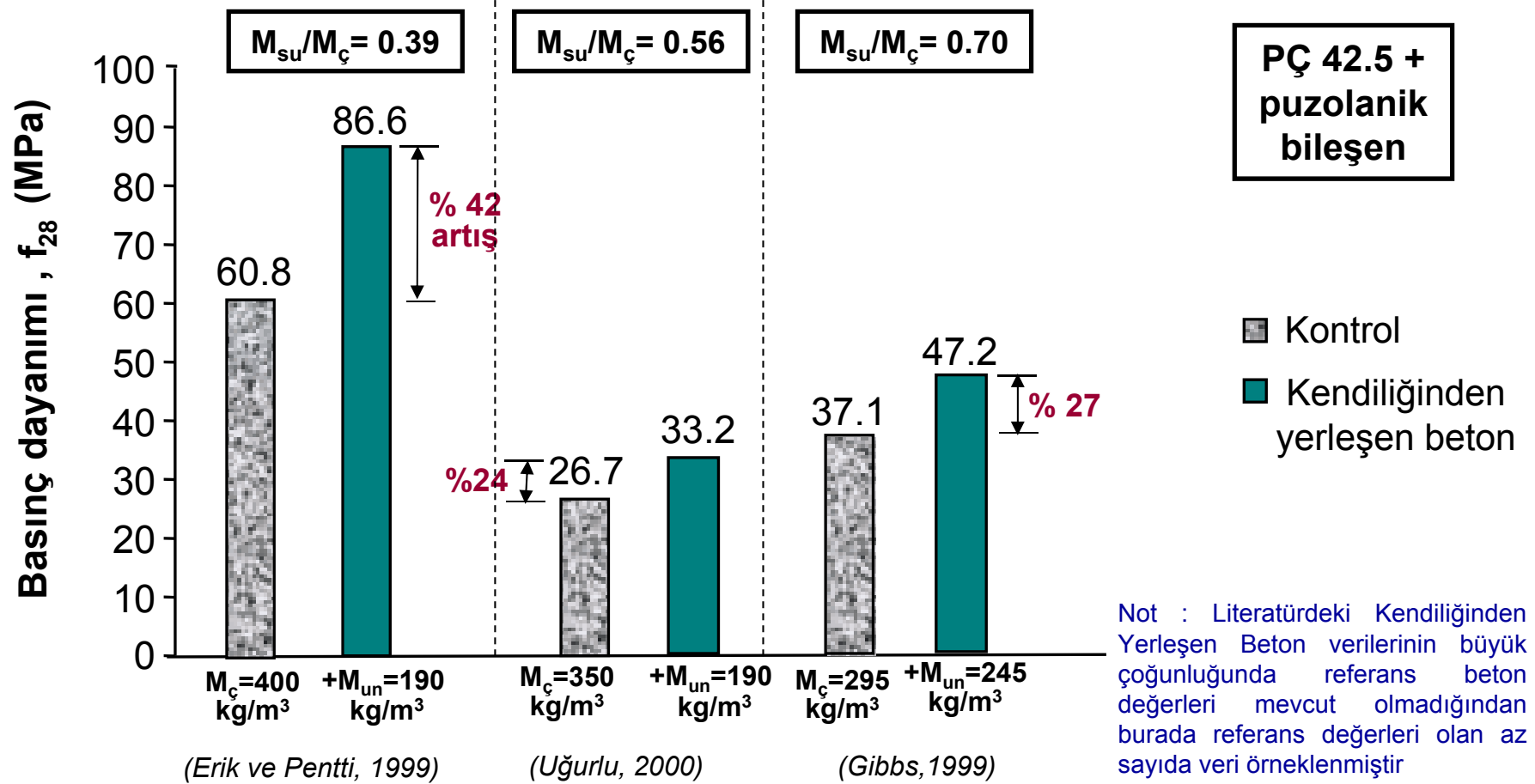


### 2. Yöntem :



Değerlendirme notu : Betoniyerde veya santralda beton üretiminde klasik beton üretiminde de uygulanan 1.Yöntemin gerek literatürel gerekse kendi deneylerimize göre Kendiliğinden Yerleşen Beton üretiminde de aynen izlenmesi uygundur. 1.Yöntem bir kaç kez uygulandıktan sonra 2.Yöntem kullanılarak daha hızlı üretim yapılabilir.

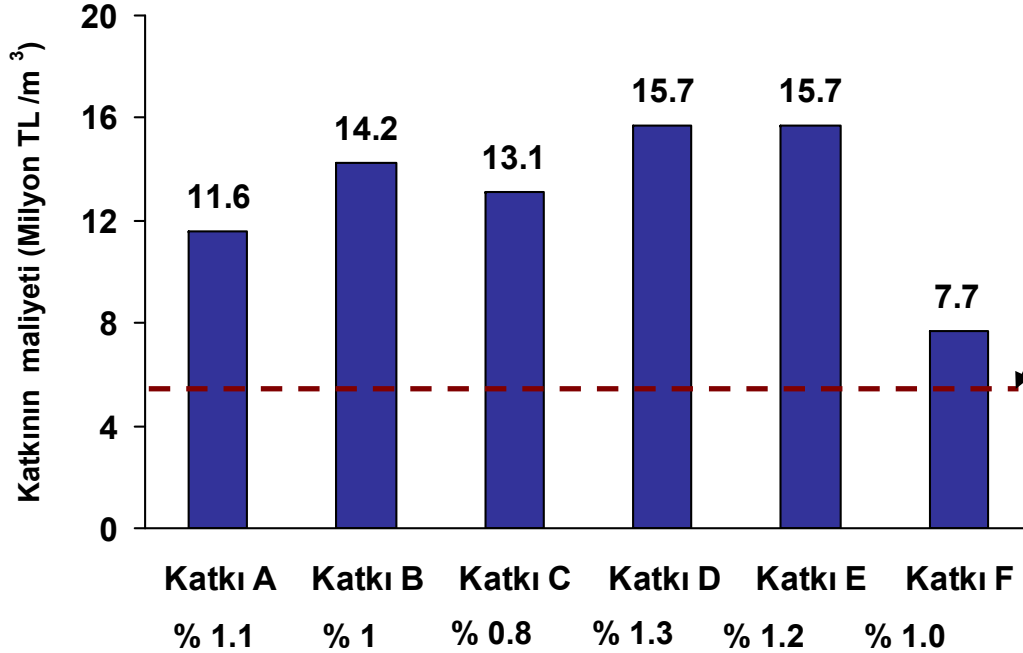
## PUZOLANİK BİLEŞENİN (TAŞ UNU, U.KÜL) DAYANIM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ



**Değerlendirme notu: Puzolanik bileşenin dayanım üzerindeki pozitif katkısı yukarıda örneklenmiştir. Görüldüğü üzere çimentoya ( $M_c$ ) eklenen puzolanın ( $M_{un}$ ,  $M_{kül}$ ) dayanım üzerinde % 24-42 oranında önemli bir etkisi söz konusudur. Bu da karışım tasarımında çimentonun -dolayısı ile maliyetin- azaltılması imkanını sağlamaktadır.**



## KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONDA AKIŞKANLAŞTIRICI KATKI MALİYETİ



Toplam ince madde = **550 kg/m³**

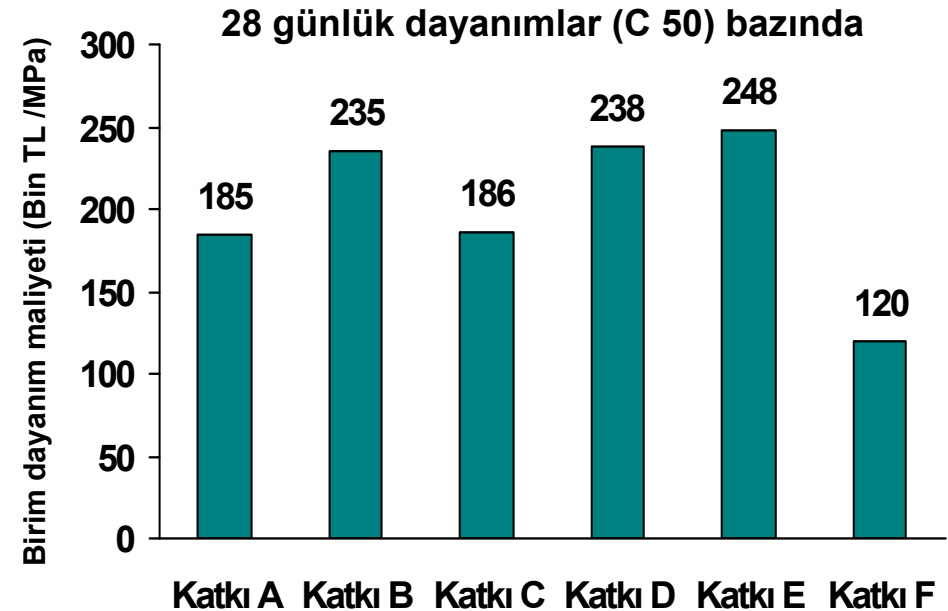
(**400 kg/m³ çimento** + **150 kg/m³ uçucu kül**)

Su/bağlayıcı madde oranı = **0.35**

Klasik akışkanlaştırıcı katkı (% 1.5)  
maliyeti C50 için  $5.7 \times 10^6$  TL /m³

### Değerlendirme notu :

Kendiliğinden yerleşen betonda kullanılan yeni nesil (polikarboksil bazlı) katkıların etkinliğinin belirlenmesi amacı ile yapılan deneylerde kullanılan katkılardan biri hariç (katkı F) tümü ithal katkıdır. İthal katkılara (ort. 1.85 \$/kg) kıyasla dozaj ve dayanım açısından önemli bir farklılık getirmeyen yerli katkı (~1.0 \$/kg) ile klasik betona yakın bir maliyet ve maliyet/dayanım performansı elde etme imkanı olduğu gözlenmektedir.

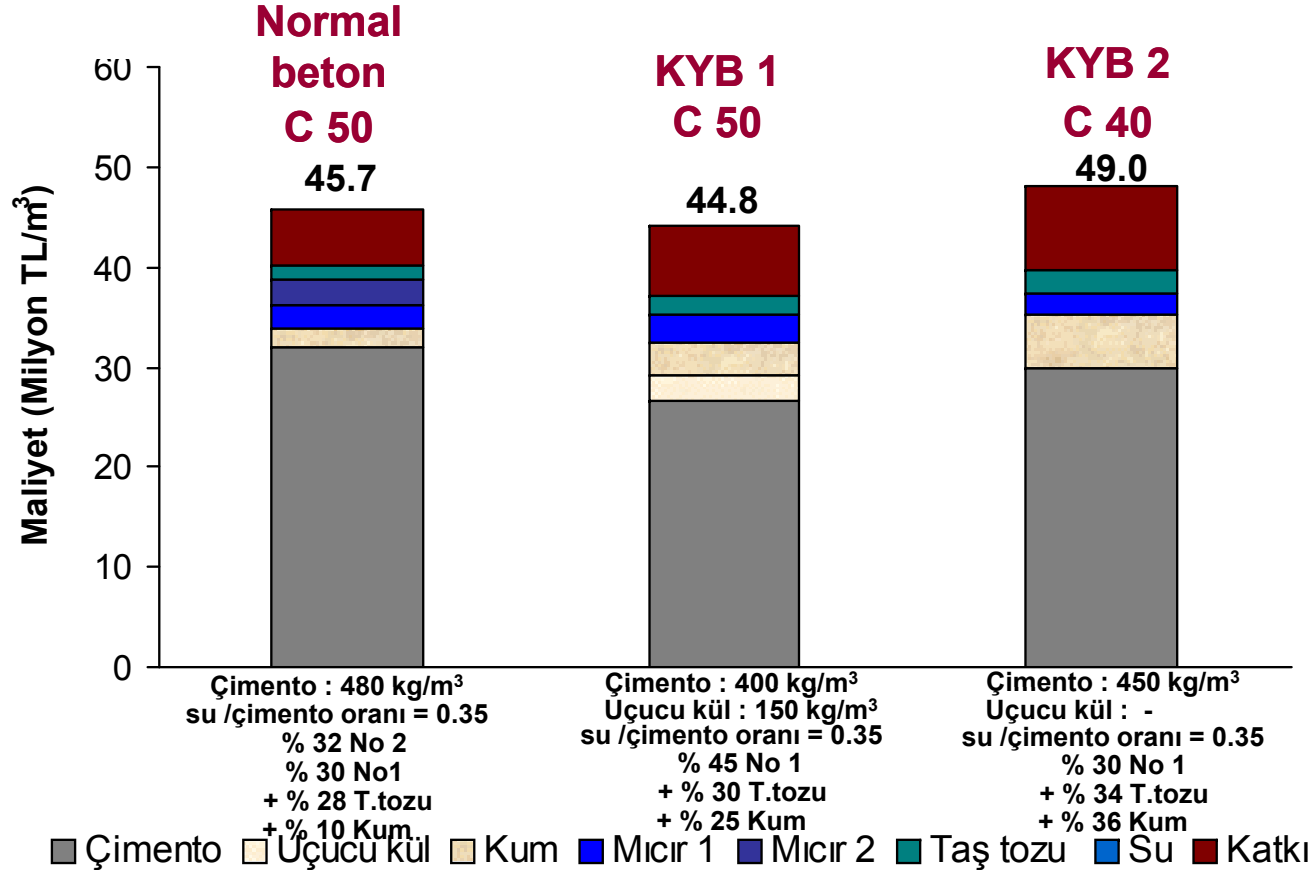




## PREFABRİKASYONDA VE ŞANTİYEDEKİ UYGULAMALARA BAZI ÖRNEKLER



## KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONUN MALİYET KARŞILAŞTIRMASI

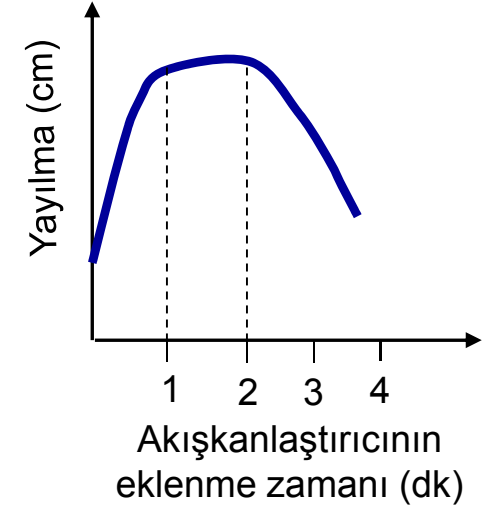


### Değerlendirme notu :

Dayanım-maliyet ilişkileri konusundaki çalışmalarımız sonucunda çimento+puzolan (uçucu kül veya kireçtaşı unu) ve yerli akışkanlaştırıcı katkı kullanmak koşulu ile Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB 1) maliyeti Prefabrikasyon A.Ş'de uygulanan aynı beton sınıfı (C 50) maliyeti ile aynı düzeye getirilmiştir (Daha düşük dayanımlı betonlar için de bu optimizasyonu yapmak mümkündür). Puzolanik maddenin olmaması durumu için ise maliyetlerde önemli bir farklılık getirmeyecek ikinci bir tasarım yapılmıştır (KYB 2).

## KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON KONUSUNDA LİTERATÜRSEL VE DENEYLERİMİZDEN KAZANILAN ALTIN KURALLAR

- Konulacak polikarboksil akışkanlaştırıcının **tümü** nemlendirmeyi takiben **1 dk** içinde konulmalı, üzerine suyun kalan kısmı eklenmelidir. Katkının koyulmasında gecikme olması veya sonradan ilave katkı eklenmesinin akışkanlık üzerinde etkisi yok denecek kadar azdır, ayrıca betonun kohezif yapısını bozar.
- Prefabrikasyon tesisinde (**kapalı ortam**) beton kovanı ile yapılacak **kademeli dökümlerde** iki döküm arasındaki sürenin tercihen **10 dk'yi**, kesinlikle **20 dk.'yı geçmemesi gereklidir** (Dökümün beton hortumu ile kalıbın altından ve gövdeden yapılması durumunda zaman kullanımı daha esnek olabilir).
- Şantiyede (açık ortam) yapılacak kademeli dökümlerde ise beton döküm işleminin **kolon** eleman kalıplarında **gövdeden**, **kiriş** tipi eleman kalıplarında **alttan** açılacak deliklere kelepçeli bağlanacak beton hortumları ile yapılmalıdır. Kalıp tümü ile dolduğunda elektrikli kumanda ile **tek taraflı** (shut-off) **valf** otomatik kapatılacaktır. Döşeme tipi elemanlar için ise birden fazla betoniyer tek seferde tüm döşeme dolmak koşulu ile aynı anda döküme başlamalıdır.



## AR-GE BÖLÜMÜ OLARAK TEŞEKKÜR EDERİZ....

- Y.Müh. Levent ALPERGİN ve ekibi** → Ekipmanların hızla, en iyi şekilde imalatı için
- Y.Müh. Adnan DONDURMACI** → Güzel video çekimi ve deneylere katkısı için
- Y.Müh. Yusuf YENİLMEZ** → Üretimde 1:1 denemelerdeki katkısı için
- Tekniker Mehmet TOPÇU**
- Tekniker Kenan ERDEM** → Deneylerde gösterdikleri gayret ve itina için
- Stajyer Gökhan AKTEMUR**

Ayrıca **Y.Müh. Orhan MANZAK** ve **Y.Müh. Müfid BAYKAL'a**  
çeşitli katkıları için teşekkür ederiz.