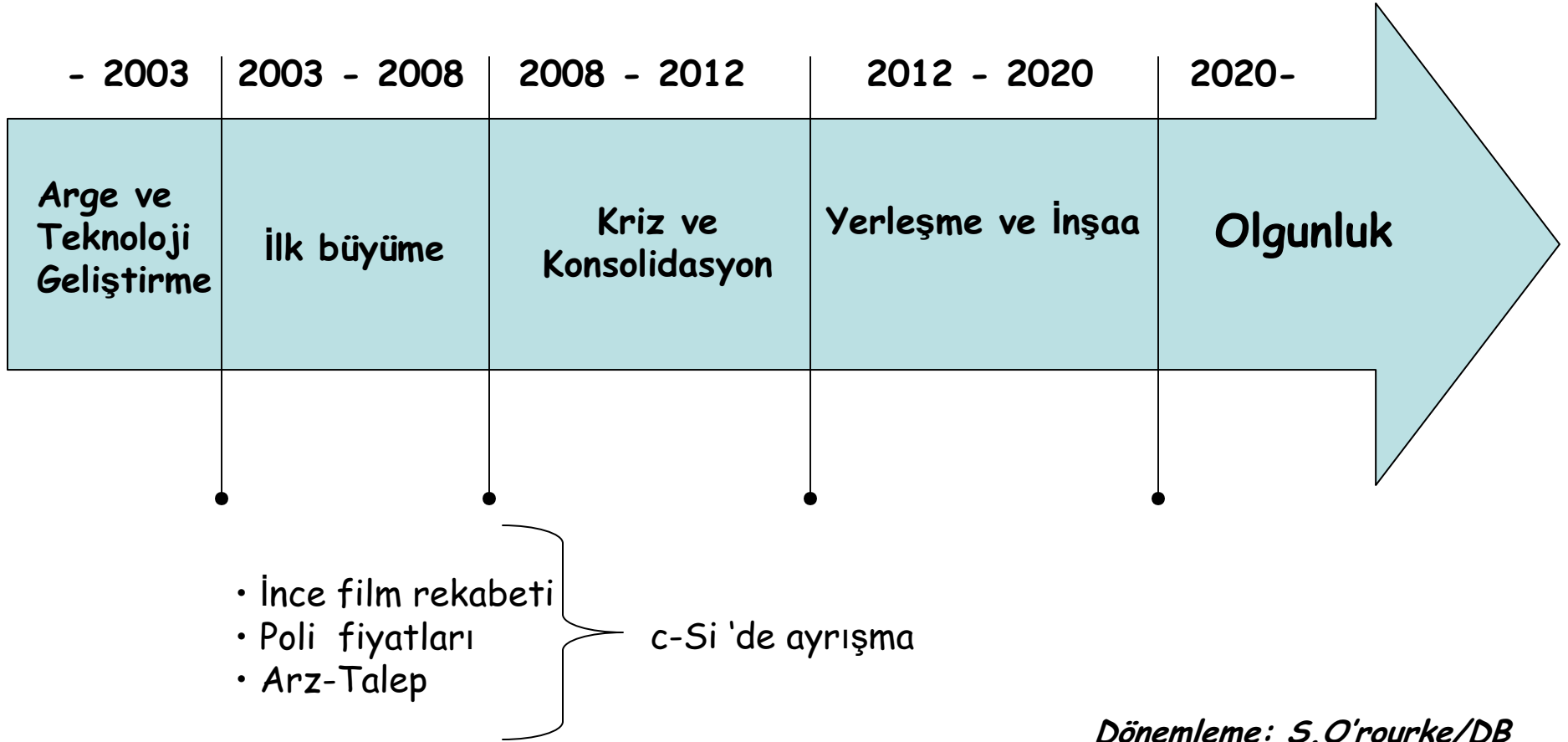


FOTOVOLTAİK SEKTÖRÜ TEDARİK ZİNCİRİ BAKIŞI

Dr. Baha Kuban - CleanGlobe

SEKTÖR GELİŞİM DÖNEMLEMESİ



GEÇ SANAYİLEŞMEDE TEKNOLOJİK ÖĞRENMENİN NİTELİĞİ VE UNSURLARI

Önemli kavramlar

ÇIKIŞ FAZİ



GEÇİŞ FAZİ



OLGUNLUK FAZİ

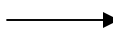
ERİŞİM

TEKNOLOJİ TRANSFER

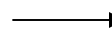
ÖZÜMSEME

İNOVASYON/GELİŞTİRME

Kopyacı Taklit



Yaratıcı Taklit



İnovasyon

SOĞURUCU KAPASİTE

c-Si'da ayrışması

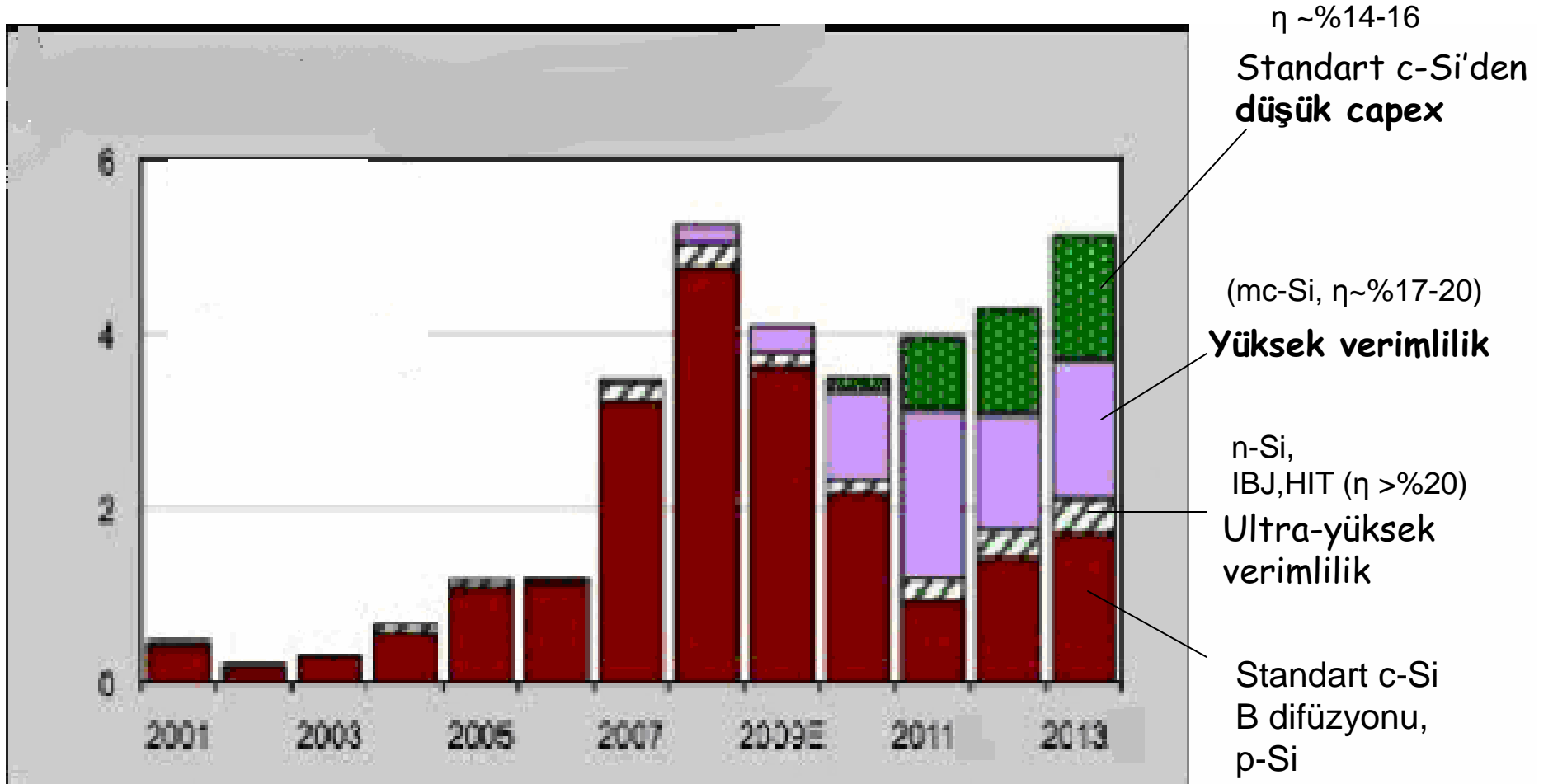
Standart : Daha düşük kalite (ve maliyet) p-tipi Si, baskı ile ön/arka kontaktlar, $\eta \sim \%14-16$

HE: Standart'ın Modifikasyonu: bus barlar arka yüzeyde, yayıcı önde (MWT, EWT: wrap-thru), $\eta \sim \%17-20$

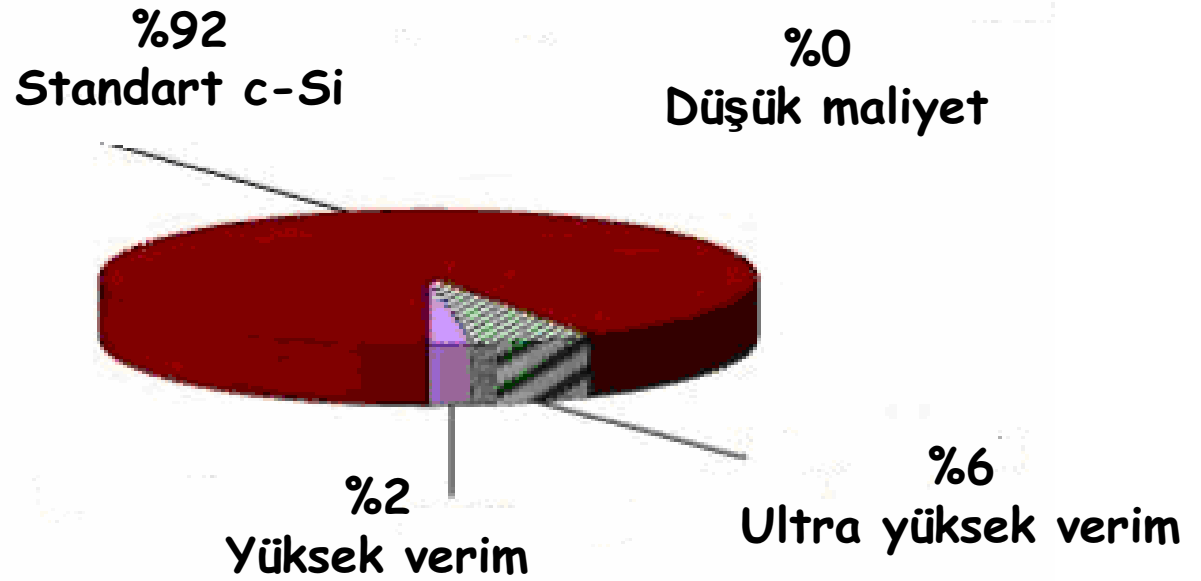
Ultra-HE: Tam arka eklem, n-tipi Si, $\eta \sim > \%20$

c-Si yıllık kapasite artışlarının hücre tiplerine dağılımı

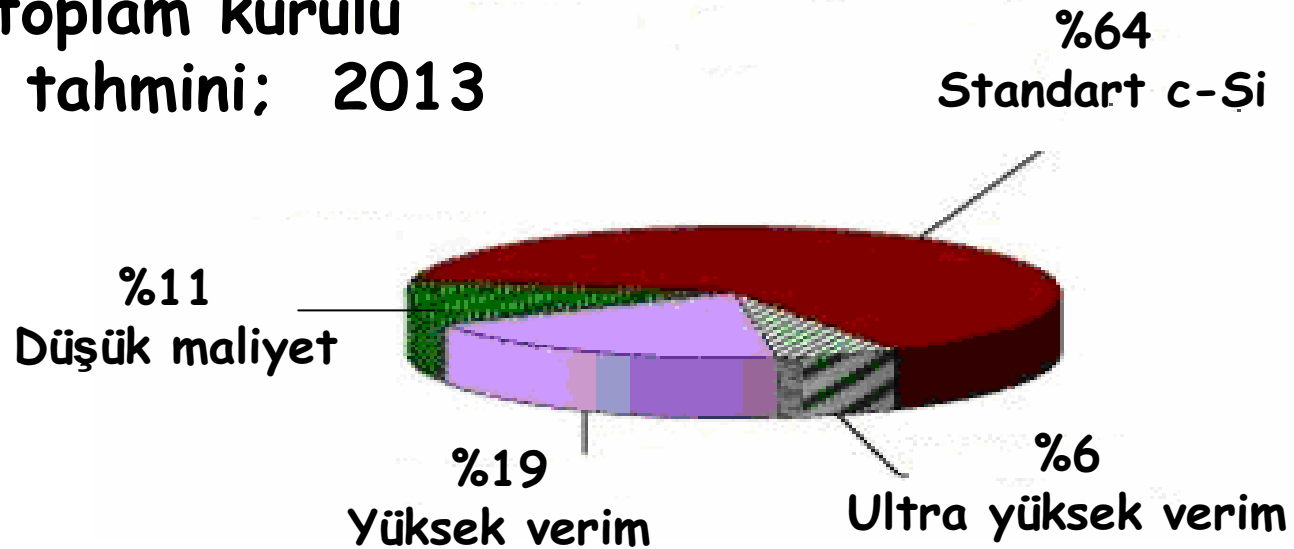
Mevcut ve öngörülen oranlar



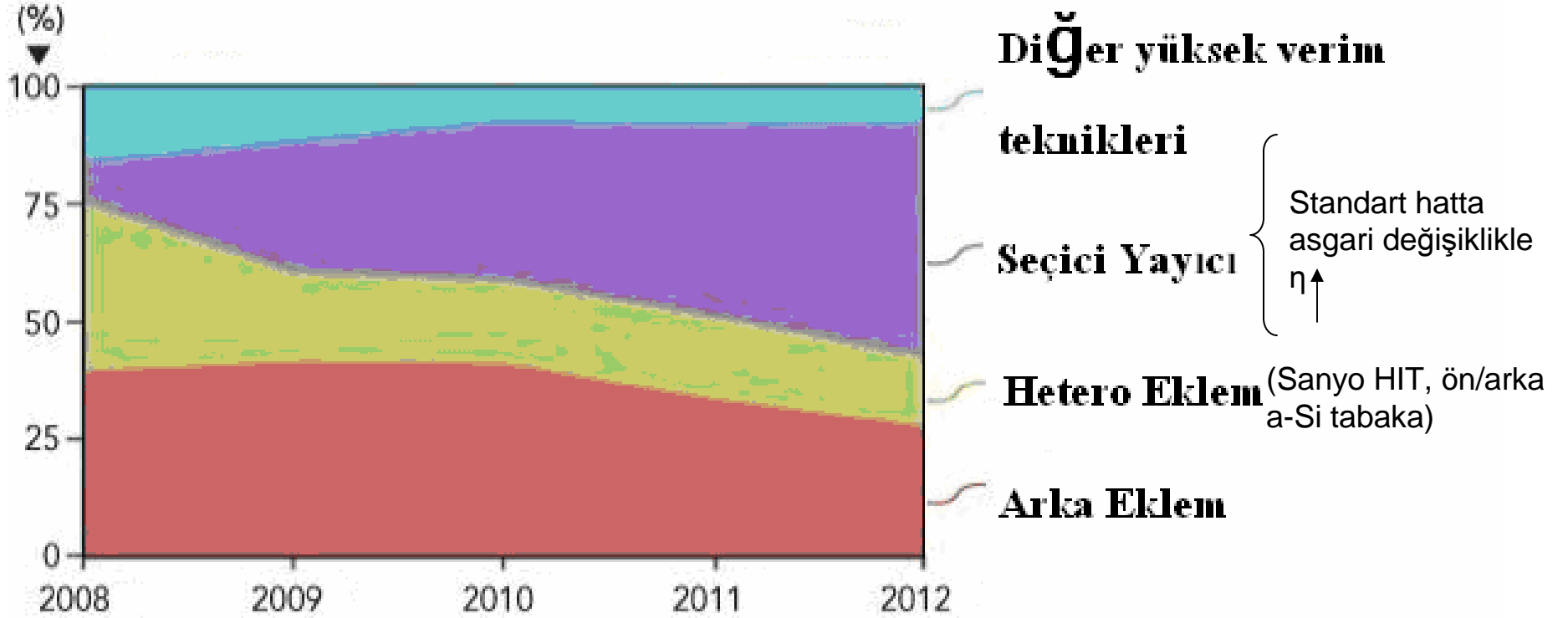
c-Si toplam kurulu
kapasite; 2009



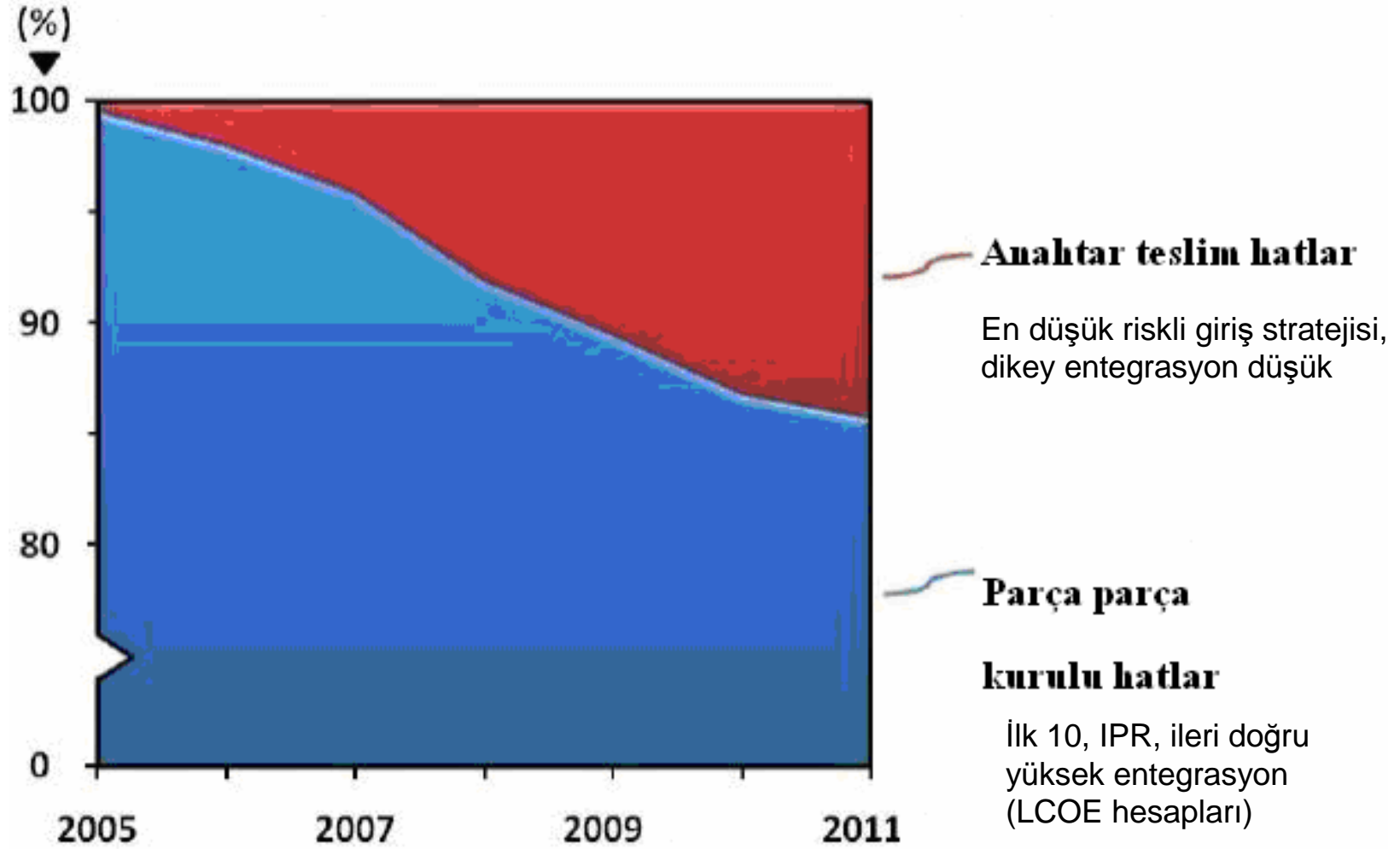
c-Si toplam kurulu
kapasite tahmini; 2013



Yüksek verimli c-Si üretiminde farklı tekniklerin mevcut ve öngörülen payları (2008-2012)



PV Sektöründe (c-Si) anahtar teslim ve parça kurulu üretim hattı oranları, mevcut ve 2011 tahminleri



c-Si GİGAWATT ÜRETİM HATLARI

BUGÜN		YARIN
%16 hücre verimliliği	→	>%20 hücre verimliliği
7 üretim adımı	→	10-15 üretim adımı
Hat düzeni	→	Kümelenme düzeni
1500 wafer/saat	→	>3000 wafer/saat
200 μm kalınlık	→	120 μm kalınlık
Düşük otomasyon	→	Yüksek otomasyon

C-Si Yol Haritası

Modül verimliliği

% 22

% 20

% 16

Yeni proses adımları
Çift baskı
Gelişmiş ön-pasivasyon
Gelişmiş geri-Pasivasyon
Seçici yayıcı
Nokta temas
Gelişmiş doku
Arka yüzey metalizasyon

Bugün
1.45 \$/w

Makine hızı	1000-2400 w/s
Wafer kalınlığı	160-180 um
Proses adımları	7 - 10
Kırılma oranı	%0.7- %2

Radikal prosesler değişiklikleri
Yeni aygıt mimarileri
Yeni proses akışları
Yeni malzemeler

2011
1.20 \$/w

Makine hızı	>3000 w/s
Wafer kalınlığı	130-150 um
Proses adımları	>14
Kırılma oranı	%0.5- %

2013 sonrası
<1.00 \$/w

Makine hızı	>4000 w/s
Wafer kalınlığı	120-140 um
Proses adımları	>20
Kırılma oranı	%0.4- %0.8

Yeni Üretim Hatları
Yüksek güvenilirlik
Yüksek randıman
Bütünleşik otomsayon
Ölçek ↑ platformları
Yüksek teknoloji

az

orta

tam

Otomasyon düzeyi

Kaynak: Photon Consulting

Varsayım: 2011'de 45\$/kg poliSi, 6g/w

GÜNEŞ-ELEKTRİK

Kurulu sistemlerde ortalama maliyet yapısı

NEEDS Projesi Raporu

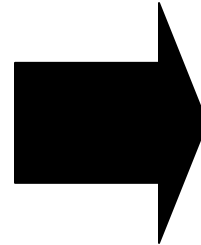
Maliyet unsuru	Payı	Sanayii dalı	Coğrafi özellik
Planlama	% 1	Hizmet	Yerel
Wafer imalatı	% 19	Kimya sanayii	Global
Göze imalatı	% 19	Elektronik cihaz	Global
Modül imalatı	% 25	Elektrikli cihazlar	Global
İnverter- Dönüştürücü	% 10	Elektrikli makina	Yerel/global
Diğer bileşenler	% 7	Metal/malzeme Elektrikli cihazlar	Yerel
Kurulum	% 15	İnşaat	Yerel
Satış - Pazarlama	% 4	Hizmet	Yerel

73

Fotovoltaik sektörü tedarik yapısı

C-Si

- .Polisilikon (üretim hattı+malzeme ihtiyaçları)
- .İngot üretim (döküm, katılaştırma, kesme, taşlama, kalite kontrol)
- .Wafer+Göze (kesme, parlatma, taşlama, temizleme, difüzyon, fırınlama, dağlama, kaplama, kesme-işleme, temizleme, kontrol,
- .metalizasyon, asitler, silan, fosfor oksiklorit, başka)
- .Modül (laminasyon, bağlantılar, kesme-işleme
- .polimerler, cam, elektronik bağlantı elemanları, çerçeve,



BOS

- Akü, inverter, converter, izleme, montaj sistemleri, şarj kontrolörleri v.s



**REKABETÇİ
FOTOVOLTAİK
KÜMELENME**

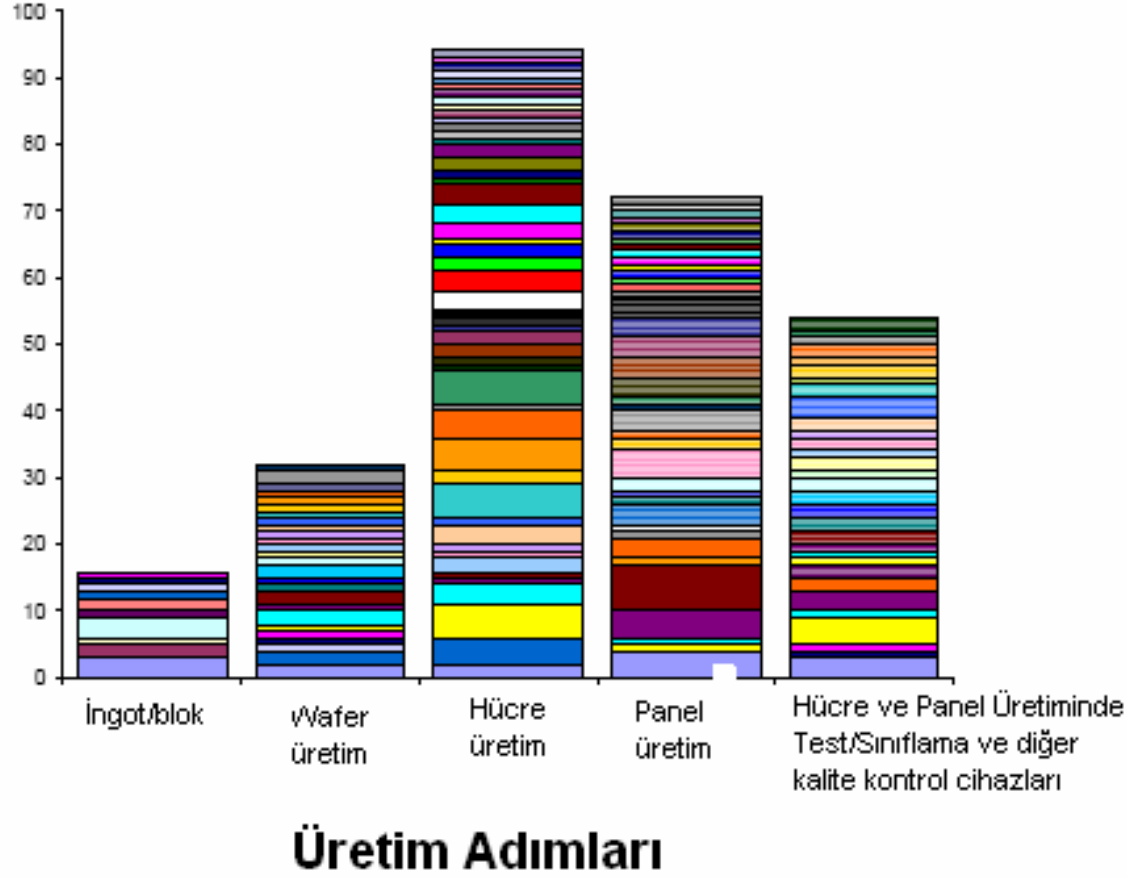


İnce Film

- .Vakum kaplama teknolojileri CVD, PECVD, Sıçratma (sputter) , dağlama, temizleme , lazer cihazları , v.s.
- .Cam, polimerler, elektronik bağlantı elemanları, vakumda kaplama malzemeleri (TCO malzemeleri, Mo, Te, CdS, Ga, B, Zn, Al, Cu,Silan, In, Metal Oksitler,
- .Kontrol cihazları
- .Çerçeve

c-Si üretimi; imalat sektörü tedarikçileri

Farklı üretim aşamalarında proses-ekipman sağlayıcı firmasayıları



Tedarik zinciri yapısı

Makina-teçhizat sektörü:

- Sıralamada 1. ve 5. arasında yalnızca 35 milyon \$ ciro farkı
- Rekabet yüksek
- Anahtar teslim sistemler 2008’de c-Si için %3, ince film için %53 . (*a-Si’de LCD imalat sektörü etkisi -AMAT, Oerlikon, ULVAC, Tokyo Elektron*)

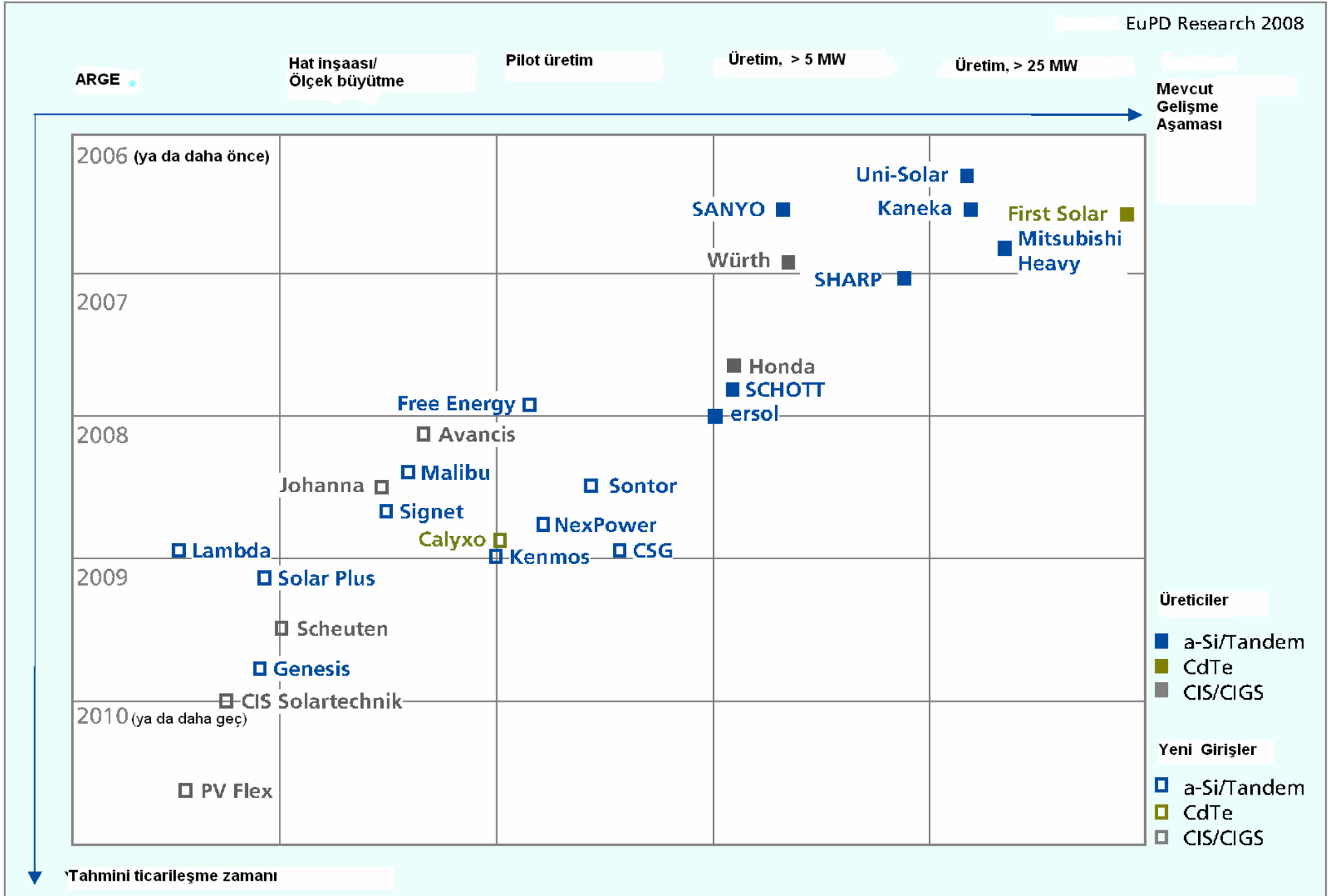
C-Si üretim hatlarında en olası gelecek : ikili yapı:

a) anahtar teslim

b) ‘yarı-iletken sektörüne benzer şekilde, her imalat adımında “türünün en iyisi” (*best-of-the-breed*) teçhizatın rekabet ettiği, entegre bir hatta bile farklı makinaların ikame edilebildiği tedarik yapısı.

SONUÇ: Türkiye’den makina firmalarının c-Si üretiminin farklı adımlarında yetkinleşme ve ‘türünün en iyisi’ yarışına katılmaları mümkün....

İnce Film Fotovoltaik - Üretim/Teknoloji Geliştirme



Si- dışı ince film sektöründe tedarik zinciri

- Si-dışı ince film FV imalatçıları (CIGS, CdTe) çoğunlukla kendi proseslerini de geliştiriyorlar.
- Üretim proseslerinde patent savaşı yaşanıyor.
- Çok sayıda farklı üretim süreci deneniyor, vakum ve atmosferik
- Farklı altlık malzemeleri kullanılıyor.
- Makina-teçhizat sektöründe standartlaşma çok düşük.
- Bazı ekipman firmaları 'anahtar teslim' sistemleri deniyor: Centrotherm, Veeco, BTU, Stangl, Solarcoating. Henüz ciddi bir satış yok ? (2009 sonu)
- Si-dışı ince film teknolojilerinde gerek makina-teçhizat gerekse malzeme alanları gelişmeye açık.

Türkiye açısından, CIGS ve CdTe üretim hattı makina-teçhizat ve malzeme geliştirme alanları büyük fırsatlar sunuyor.

FOTOVOLTAİK SEKTÖRÜNDE MALİYET DÜŞÜŞÜ KAYNAKLARI

Kaynak	Maliyete Etkisi	Açıklama
Üretim Ölçeği	% 43	Talep artış beklentisi Düşük yatırım riski İmalat deneyimi
Modül Verimliliği	% 30	İmalat deneyimi, Arge, Argeden ticarileştirme deneyimi
Hammadde fiyatları	% 12	Dışsal sektör etkisi (Elektronik sanayii atıkları)
Wafer büyüklüğü	% 3	Üreterek öğrenme
Hammadde randımanı	% 3	Üreterek öğrenme
Üretim randımanı	% 2	Üreterek öğrenme
Polisilikon fiyatı	% 2	Alternatif Poli-Si üretimi
Diğer	% 5	-

Kamu teknoloji politikaları için stratejik seçenekler

