

Päikeseenergeetika - kas müüt saab tegelikuseks?

Enn Mellikov

24.03.2008

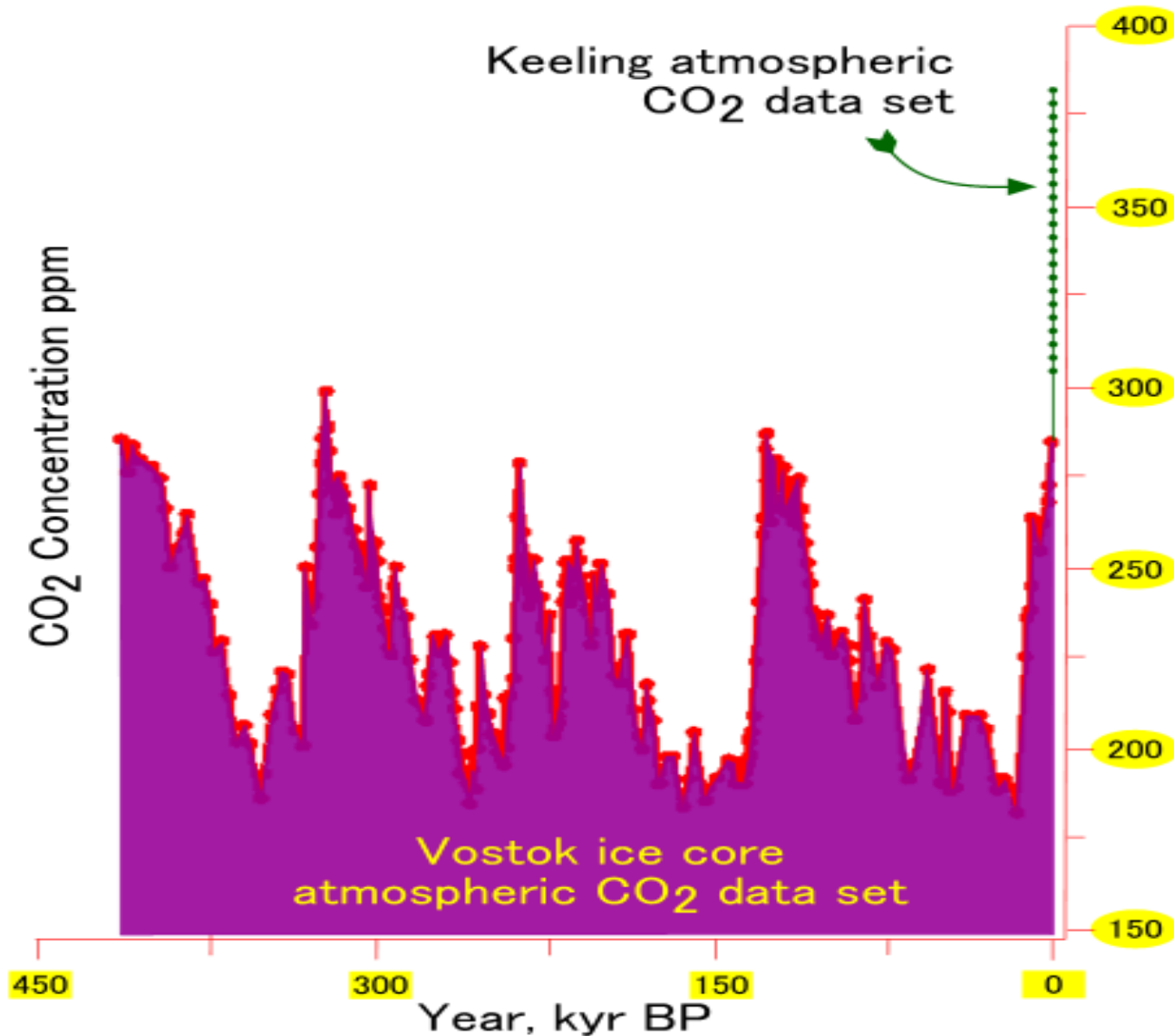
ETTEKANDE SISUKORD

- 1. Päikese-energeetika maailmas, Euroopas, olevik ja tulevik**
-
- 3. Päikese-energeetika Eestis, millised on meie perspektiivid**

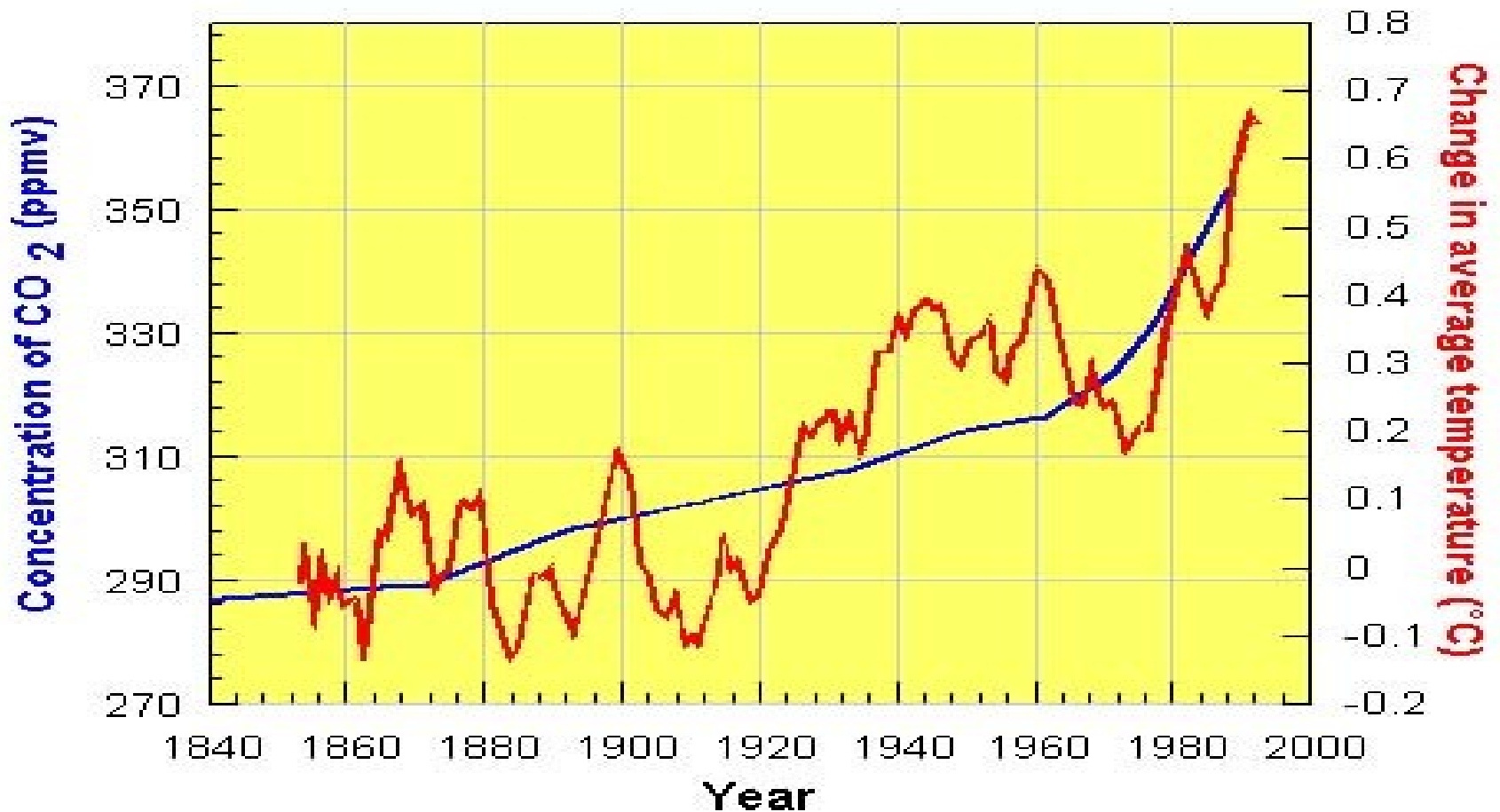
Õnnelik elu



Atmosfääri CO₂ sisalduse muutus



Atmosfääri CO₂ sisaldus ja kliima soojenemine



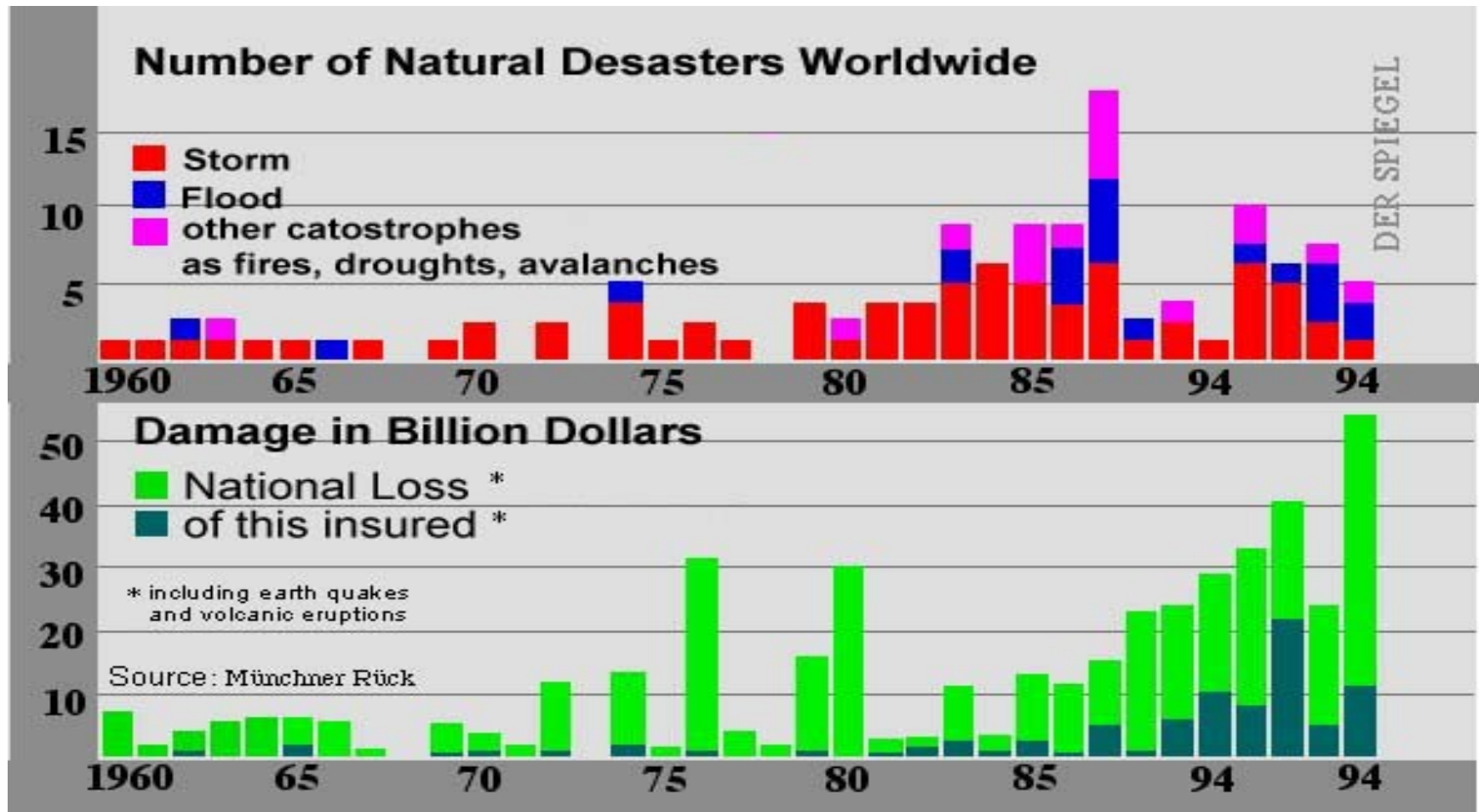
Tulemus 1

- Earth is hottest now in 2,000 years
- Humans are responsible for much of the warming

USA rahvuslik TA

20.06.2006

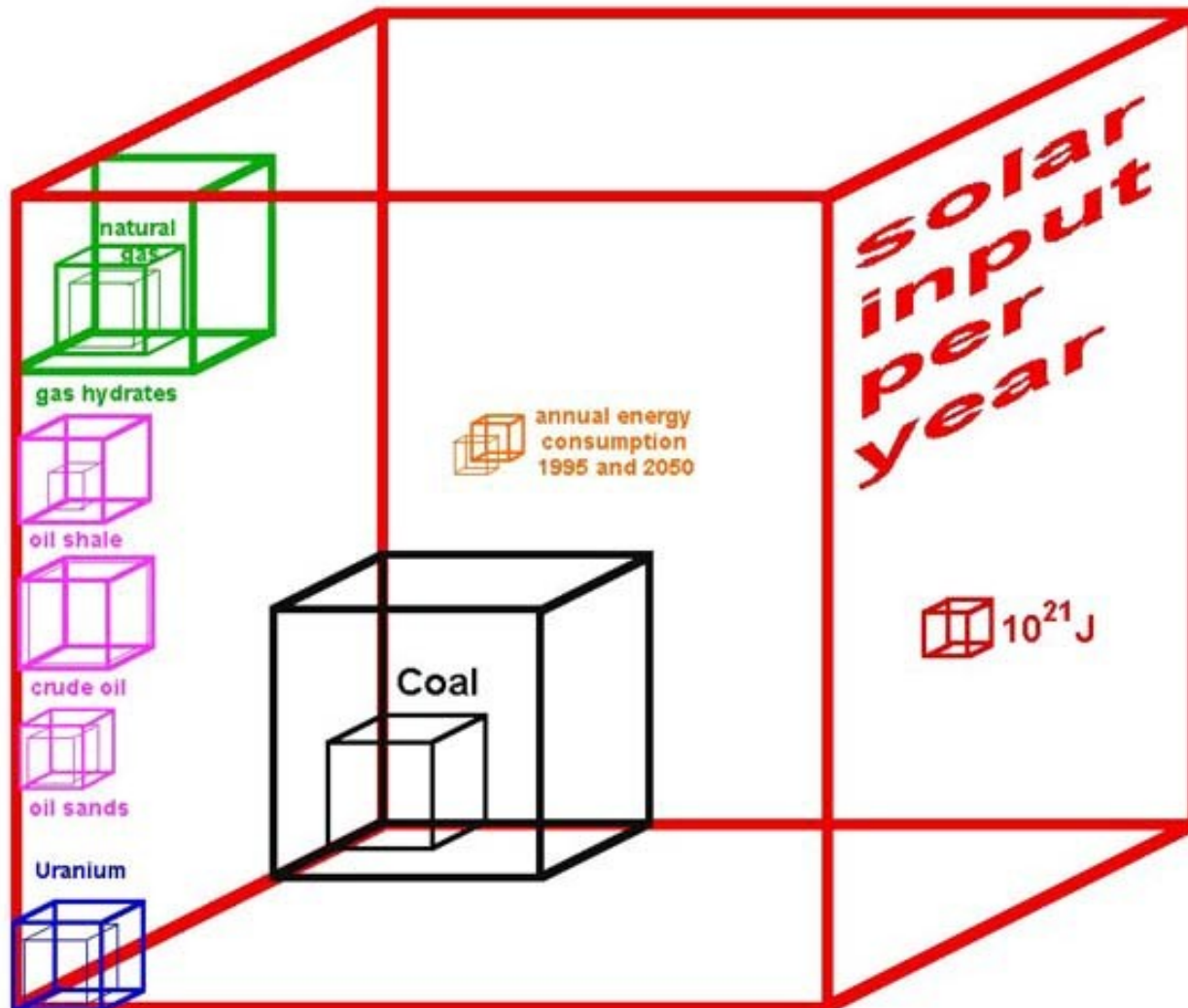
Tulemus 2: Looduskatastroofid



Järeldused, Lähtekohad 1

- Edasine CO₂ emisiooni suurenemine on lubamatu, kui inimkond tahab hoiduda kliima muutuste katastroofilistest tagajärgedest
- Inimeste arvu suurenemine tänapäeva 6 miljardilt kuni 9 miljardini aastal 2050 ja vajadus parandada nende elamistingimusi mitmetes rajoonides viib 2050 aastaks ligi kahekordse energiavajaduse suurenemiseni
- Järelikult peab inimkond olema võimeline tootma aastal 2050 energiat CO₂-vabalt mahus, mis võrdub inimkonna tänapäeva energiatoodangule (13 TW)

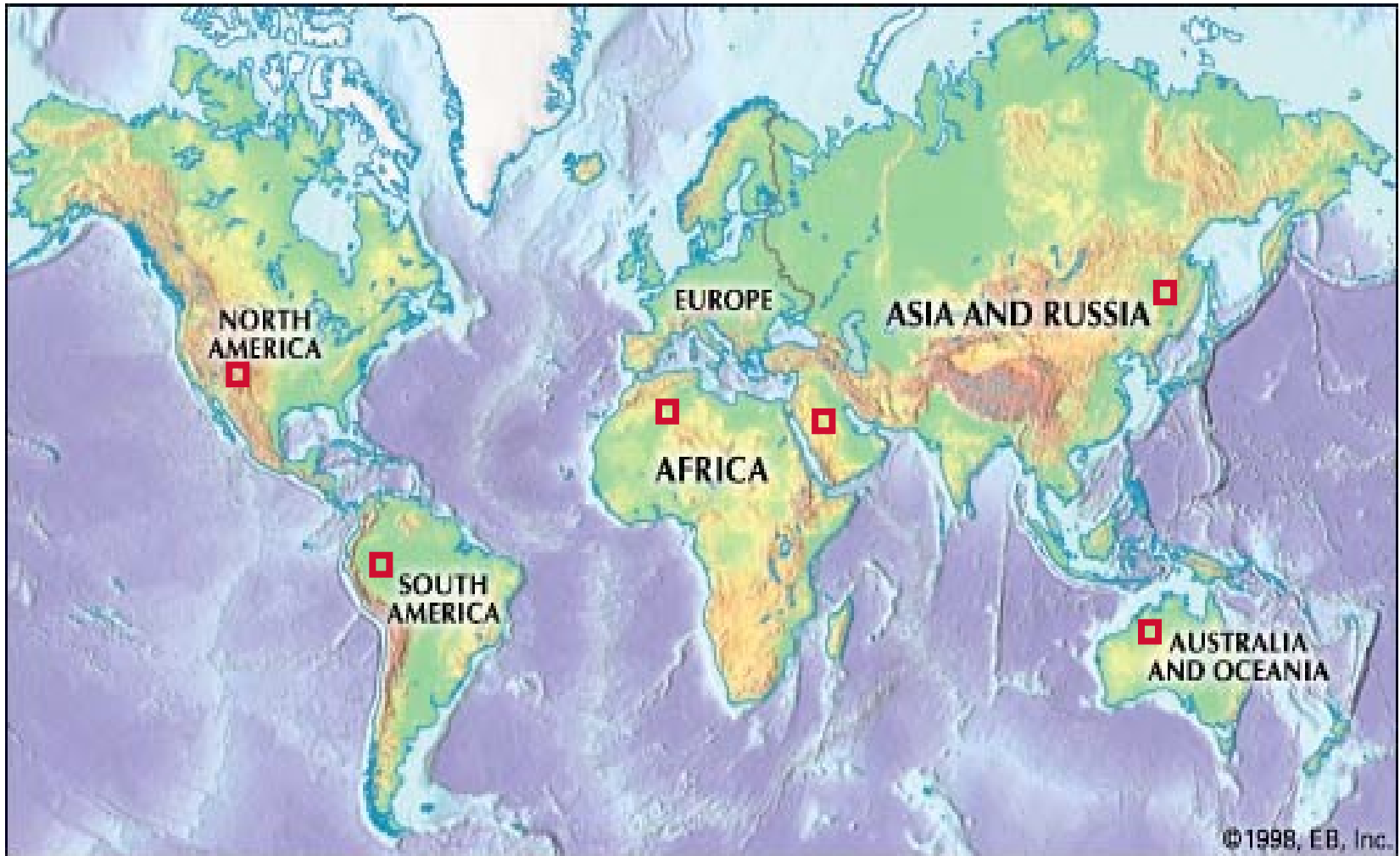
Energiaressurssid



Järeldused, Lähtekohad 2

- Edasine CO₂ emisiooni suurenemine on lubamatu, kui inimkond tahab hoiduda kliima muutuste katastroofilistest tagajärgedest
- Inimeste arvu suurenemine tänapäeva 6 miljardilt kuni 9 miljardini aastal 2050 ja vajadus parandada nende elamistingimusi mitmetes rajoonides viib 2050 aastaks ligi kahekordse energiavajaduse suurenemiseni
- Järelikult peab inimkond olema võimeline tootma aastal 2050 energiat CO₂-vabalt mahus, mis võrdub tänapäeva energiatoodangule (13 TW)
- **Ainuke energiaallikas , mis seda võimaldab toota CO₂-vabalt sellist energiahulka on päikeseenergeetika (photovoltaics).**

Maailma energiavajadus



6 päikeseelektriijaama 3.3 TW igaüks

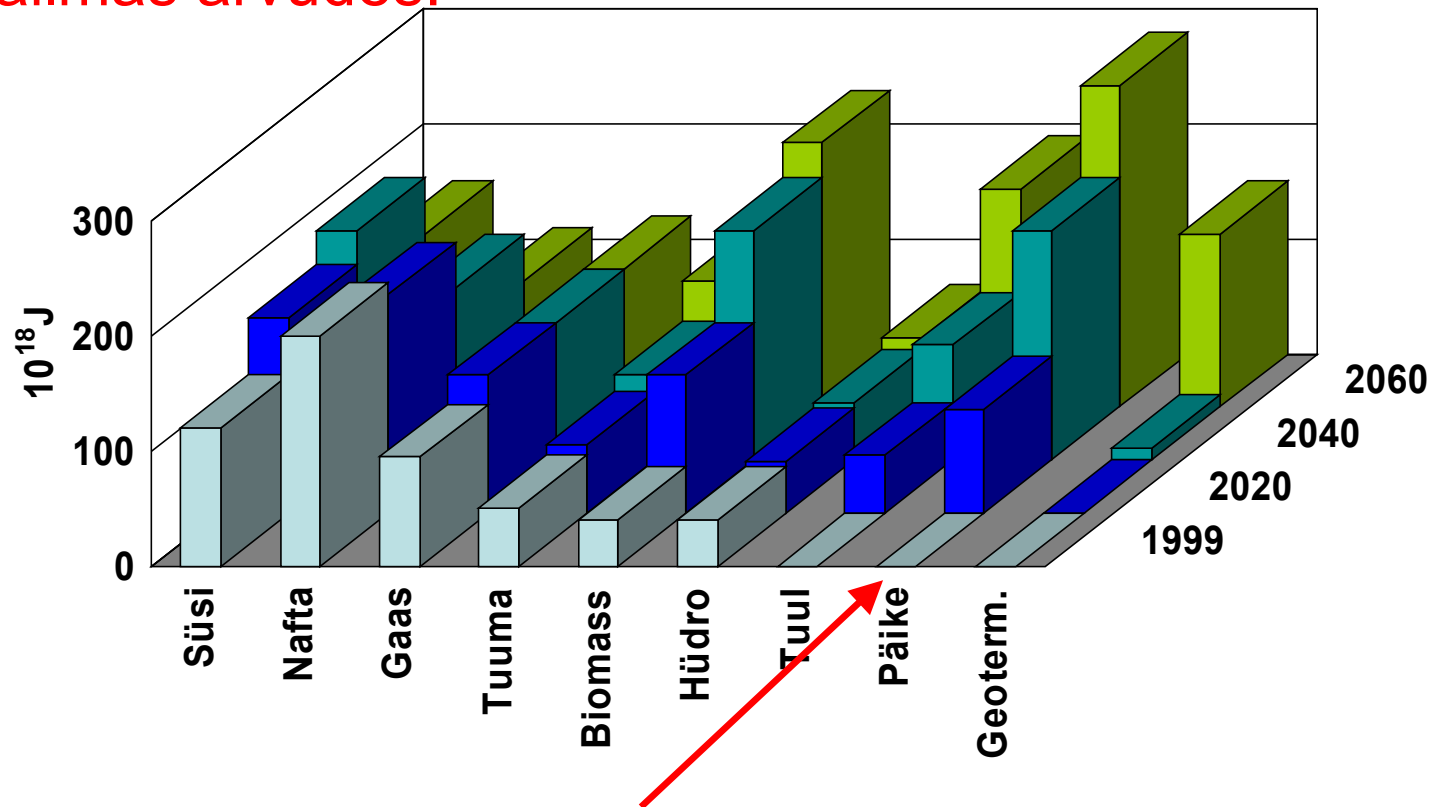
Päikese-energeetika eelised

- Päikese kui energiaallika ammendamatus.
- Väga väikesed jooksvad kulutused hooldusele.
- Pikaajalisus ja usaldusväärsus.
- Nad ei saasta loodust.
- Päikesepaneelide süsteem võib asuda tarbijale nii lähedal, et kaob ära vajadus kulukate elektriliinide ehitamiseks.
- Puuduvad liikuvad osad, mis muudaksid süsteemi tarbetult keerukaks.
- Päikesepaneelide paigaldamine ja ümberseadistamine on lihtne

Energeetika tulevik?

Energeetika tulevik
maailmas arvudes:

NB!!!



Päikesepatareid

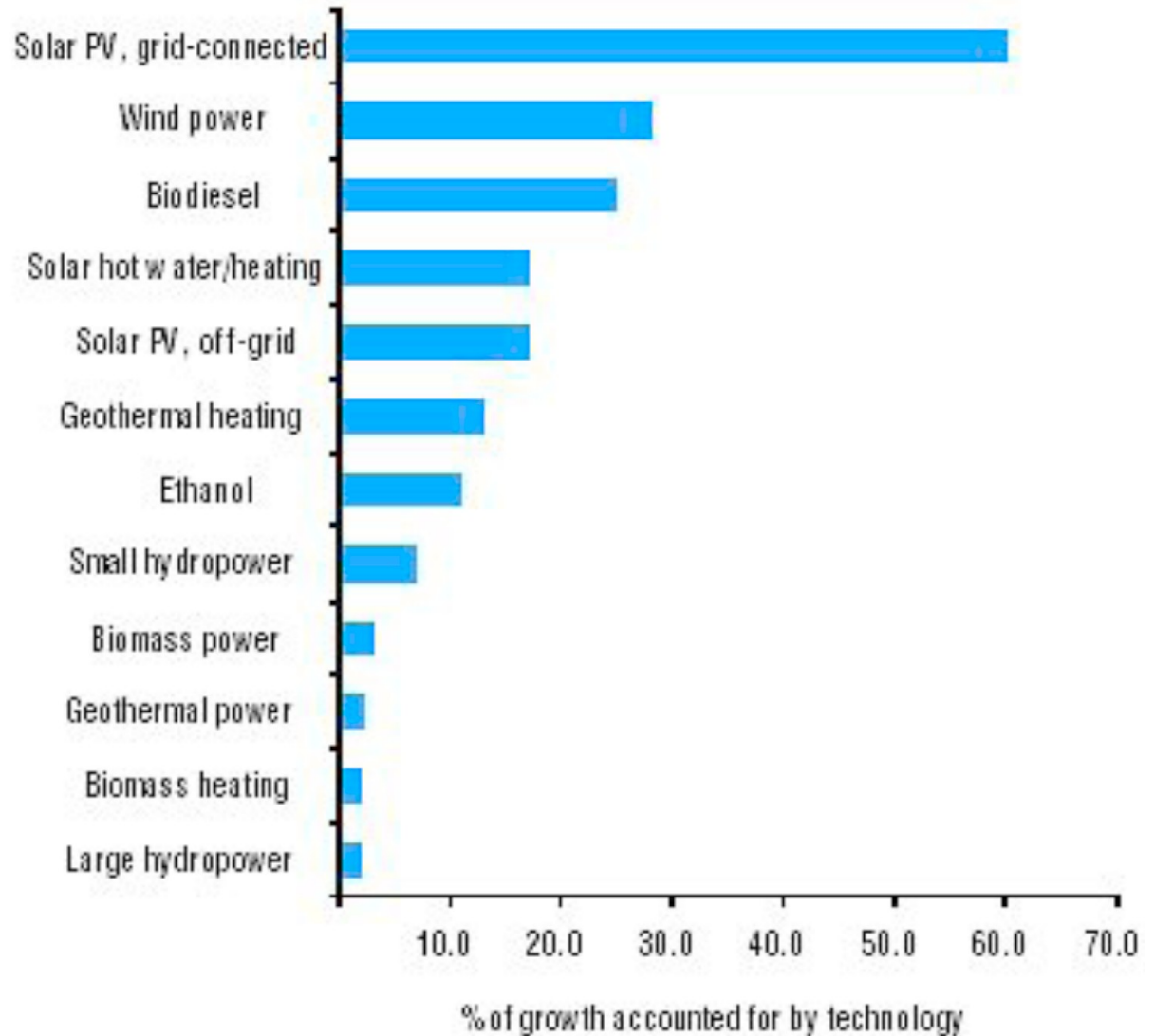
Aastased kasvukiirused

Keskmised alternatiivse
energeetika valdkonna
aastased kasvu
kiirused, 2000 - 2004.

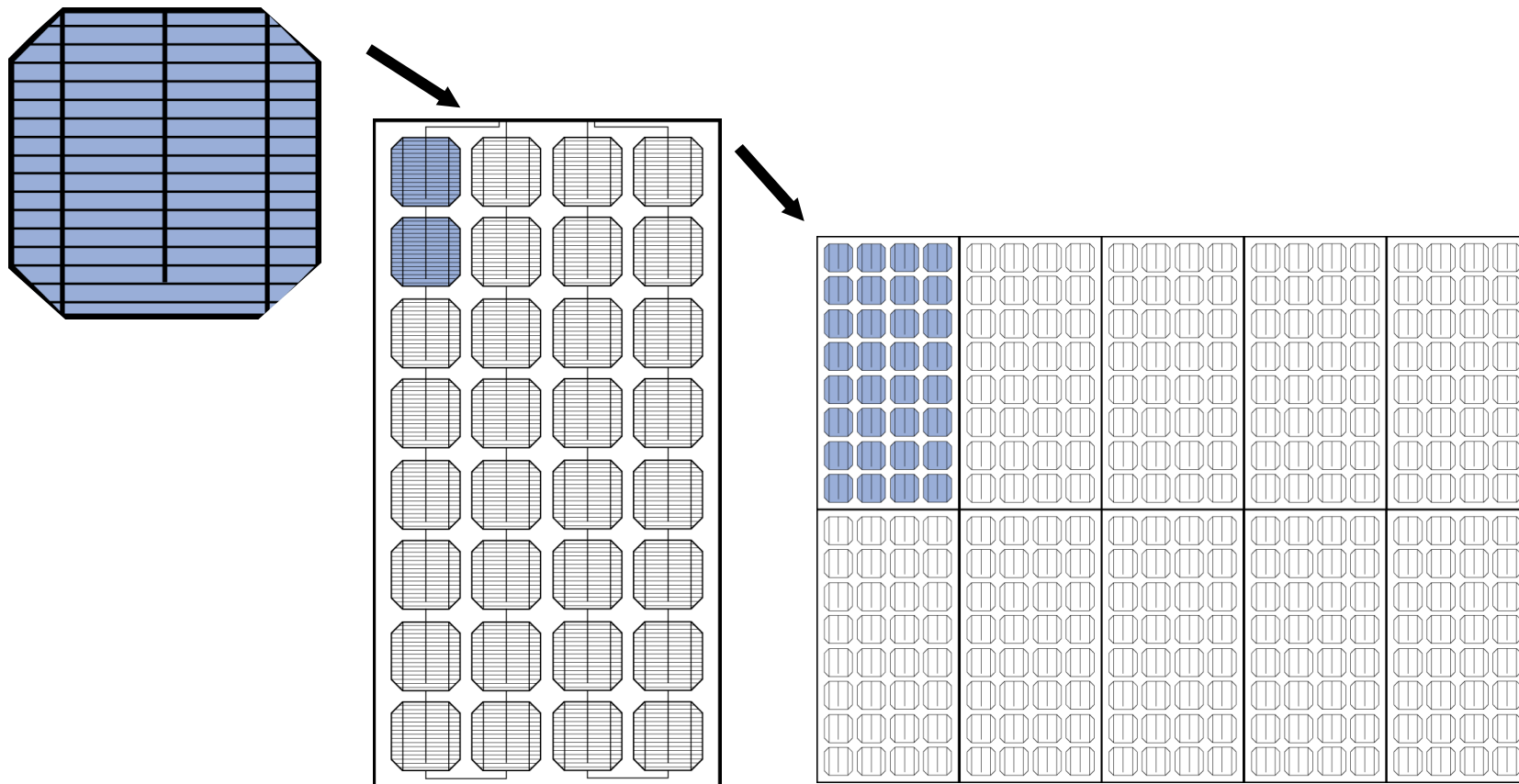
Selline kasv

**PEAB JÄTKUMA
vähemalt
aastani 2050**

et hoida ära võimalikud
katastroofilised
kliimamuutused



Päikesepatareist paneelideni



Päikesepatareid moodustavad mooduli ja moodulid omakorda paneelid.

Päikeseneergeetika probleemid

- Suhteliselt madal efektiivsus
- Liiga väike toodang
- Momendil liiga kõrge energia hind

Soome näide: Soome energiavajaduse rahuldamiseks päikesepatareidega peaks kogu maailma tehased töötama paeguse võimsuse juures **50 aastat**

Nõuded “ideaalsele” päikesepatarei materjalile

- Otsene tsooniskeem, keelutsooni laius 1.1 and 1.7 eV
- Laialt levinud, odavad materjalid
- Võimaldama odavate tehnoloogiate tööstuslikku kasutamist
- Kõrge päikesekiirguse elektrienergiaks muundamise efektiivsus
- Parameetrite ajaline stabiilsus

Tehnoloogiad päikesepaneelide tootmiseks

1. I generatsioon: Monokristallised päikesepatareid, Si, GaAs

Plussid: mikrotehnoloogiast tulenev kõrge tehnoloogiline baas monokristalliline material, kõrged efektiivsused,

Miinus: moodulite kõrge hind mis tuleneb suurte monokristallide kasutamisest, väga komplitseeritud tehnoloogia ja suured materjali kaod monokristallide mehhaaniliste töötlustel (70%)

2. II generatsioon: Õhukesekelelised tehnoloogiad, Si, CdTe, CIS

Plussid: odavamad materjalid, väiksem materjalide vajadus, võimalus kasutada R&R tehnoloogiaid

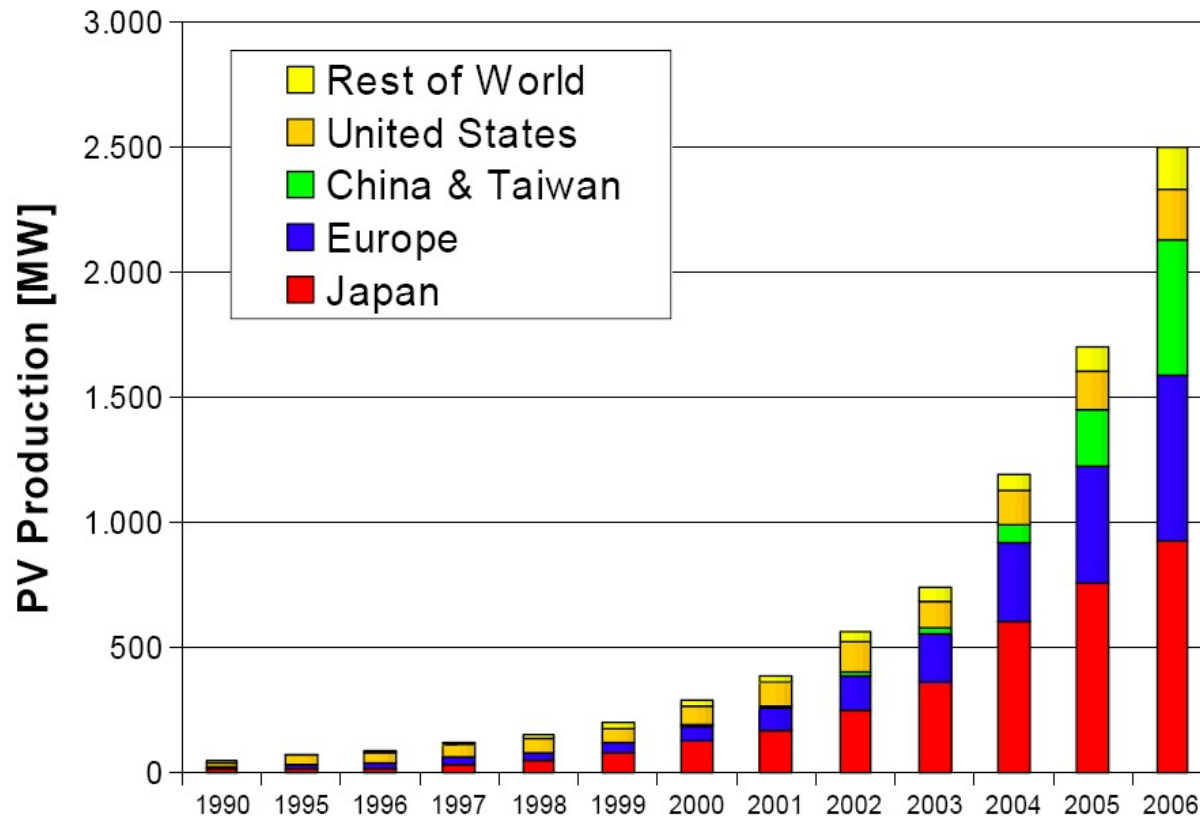
Miinus: päikesepatareide madalamad parameetrid, raskused suurte ühtlaste pindade saamisel

Maksimaalsed efektiivsused

- Monokristalliline Si ja GaAs – eff. ~25%
- Amorfne Si – eff. ~10%
- õhukesekileline GaAs – eff. ~23%
- õhukesekileline CdTe – eff. ~16%
- õhukesekileline CIGS – eff. ~19%
- nanokristallilised materjalid – eff. ~8%
- tandemstruktuurid – eff. üle 40%

Arnulf Jäger-Waldau: "Status and Perspectives of Thin Film Solar Cell Production", 22nd EU PVSEC, Milano, Italy, Sep. 2007

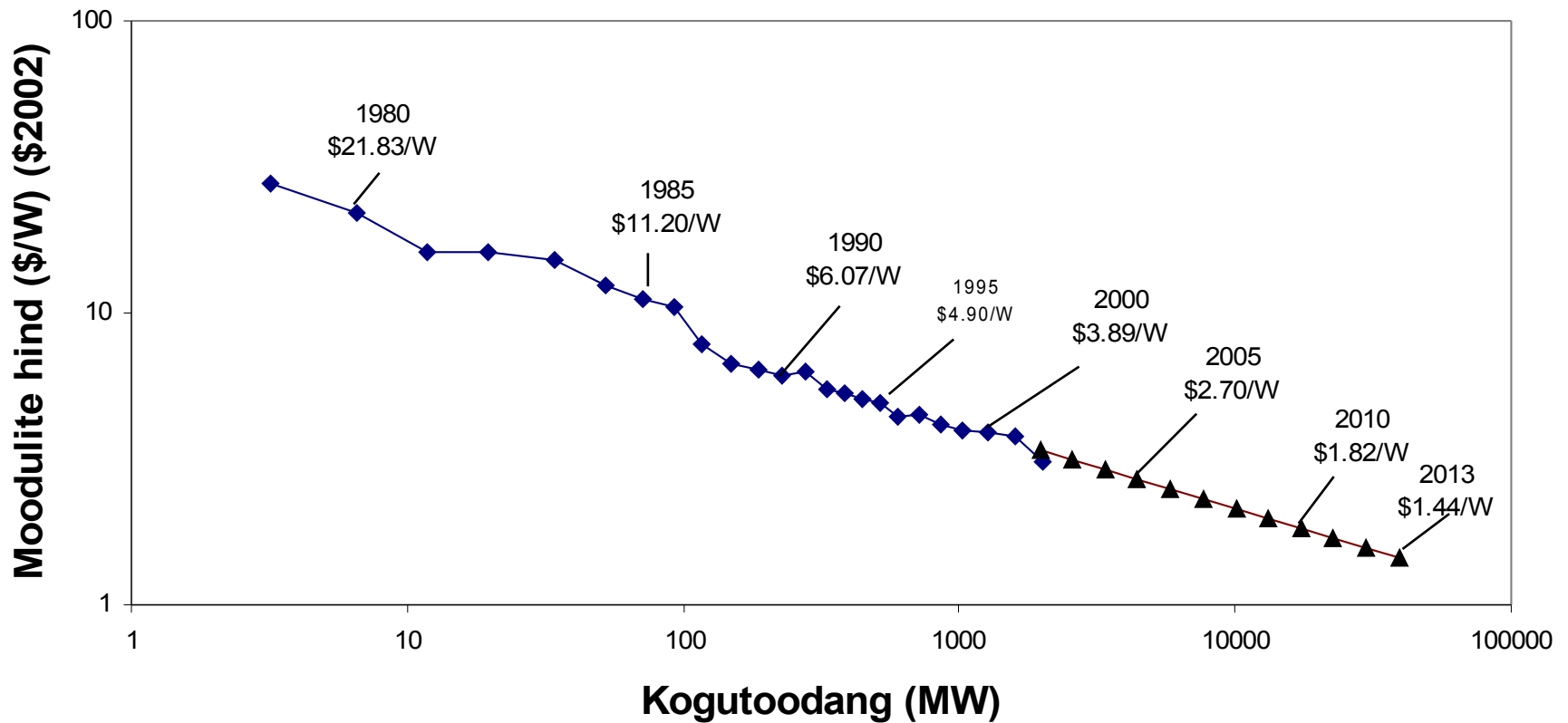
World-wide PV Cell/Module Production



Data source: PV News

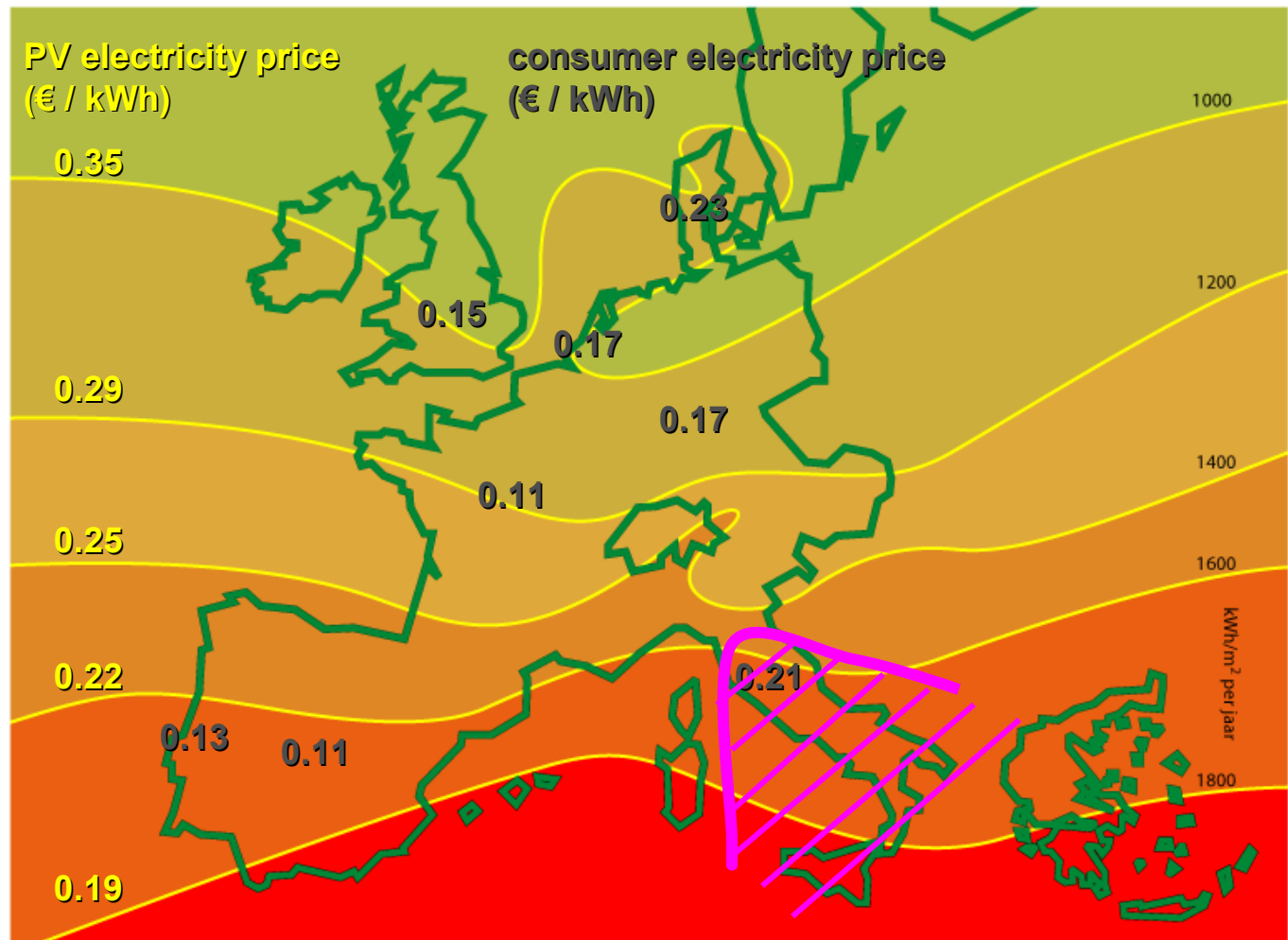
 Renewable Energies

Päikesepatareide hind



Päikesepaneelidega toodetud elektrienergia hind versus EL praegune elektrienergia hind

2010



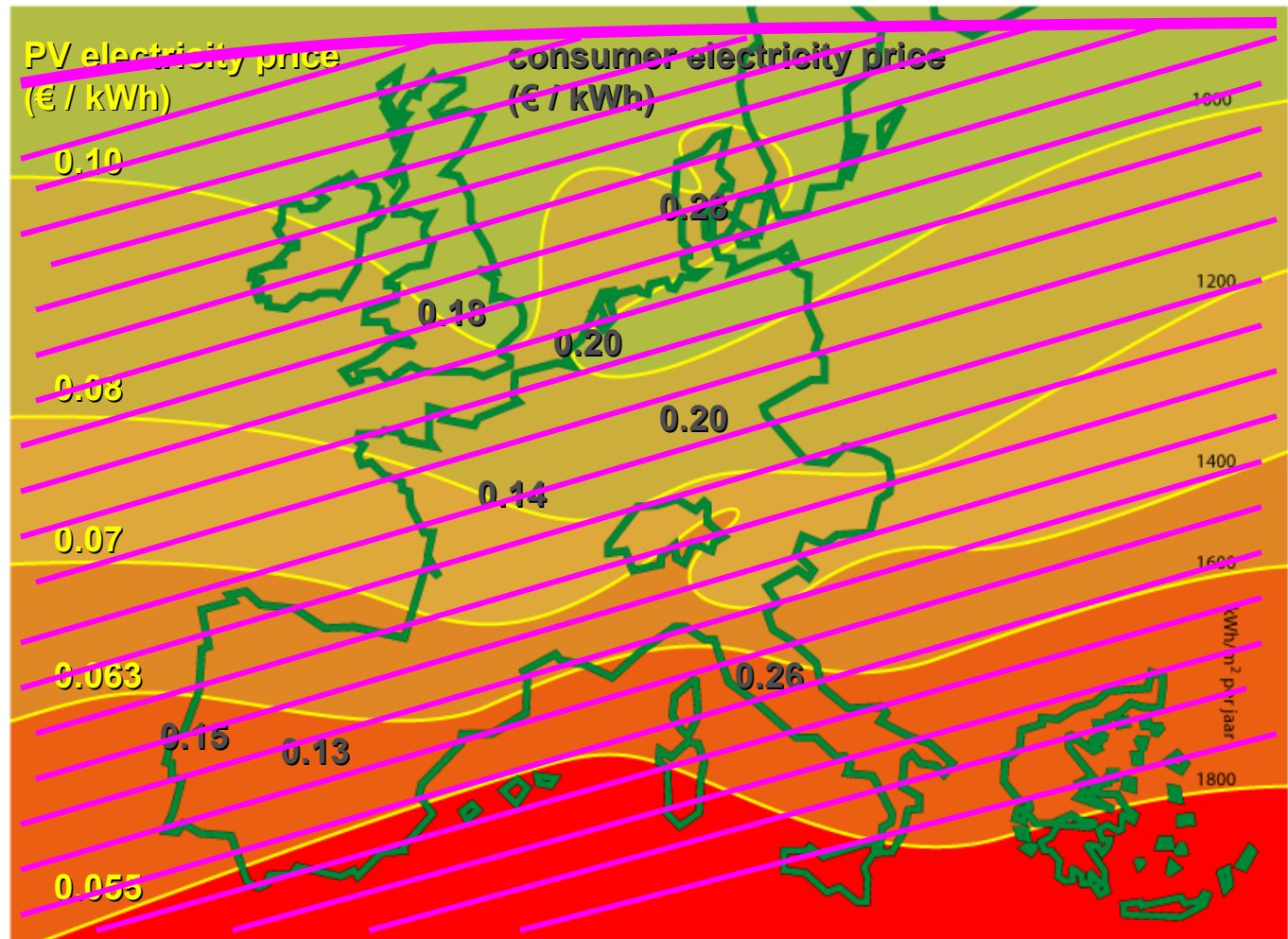
PV electricity prices
compared with
expected **consumer**
electricity prices
(+ 1%/yr)

Päikese-energeetika areng

	1980	2006	2030	Pärast 2050
Päikesepaneelide installaerimise maksumus (2006 €/Wp, v.a. VAT)	>30	6	1	0,5
Toodetava energia hind Lõuna-Euroopa tingimustes (2006 €/kWh)	>2	0,30	0,05	0,025
Toodetavate päikese- paneelide efektiivsused	kuni 8%	kuni 15%	kuni 25%	kuni 40%
Energia taastootmise aeg Lõuna-Euroopa tingimustes, aastates	>10	2	0,5	0,25

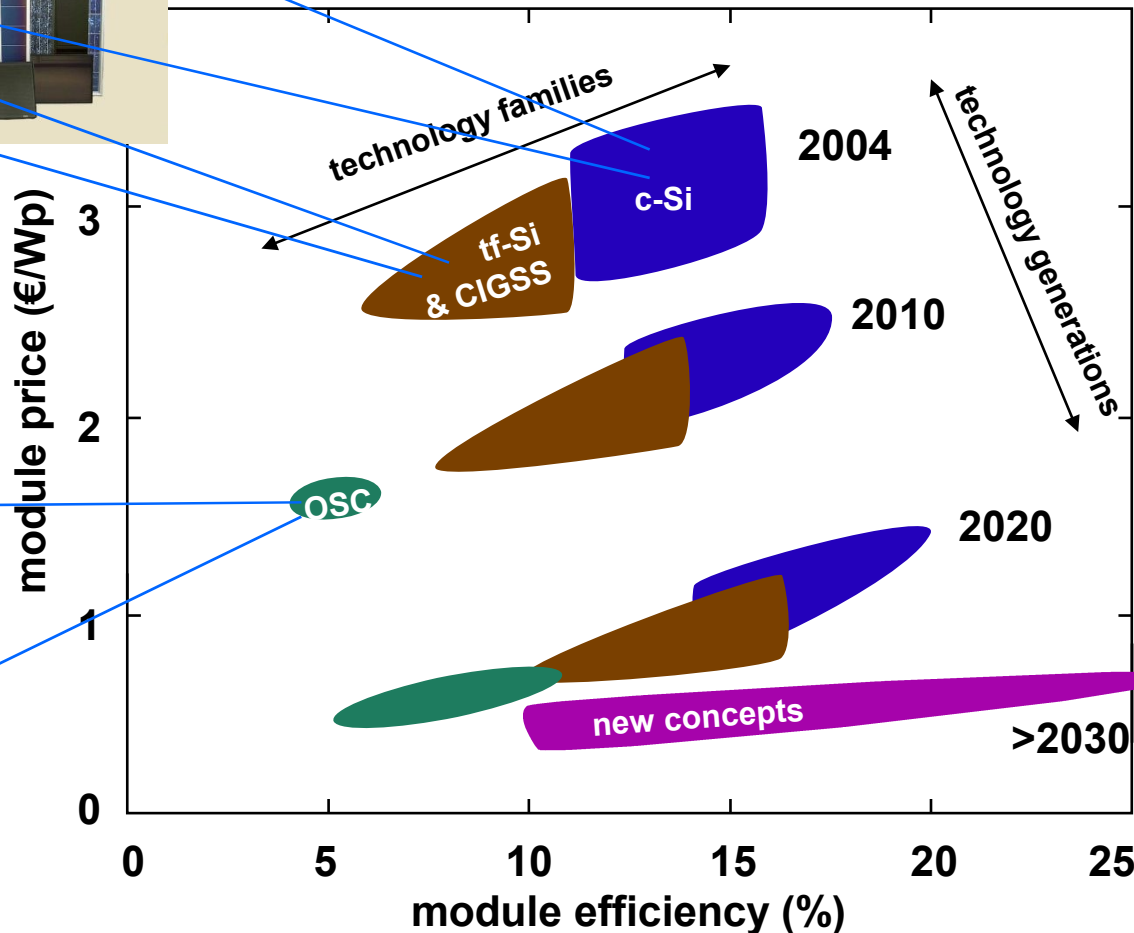
Päikesepaneelidega toodetud elektrienergia hind versus EL taastumatute kütustega toodetud elektrienergia hind

2030



PV electricity prices
compared with
expected **consumer**
electricity prices
(+ 1%/yr)

Päikesepaneelide 3 generatsiooni



tf-Si = thin-film
silicon

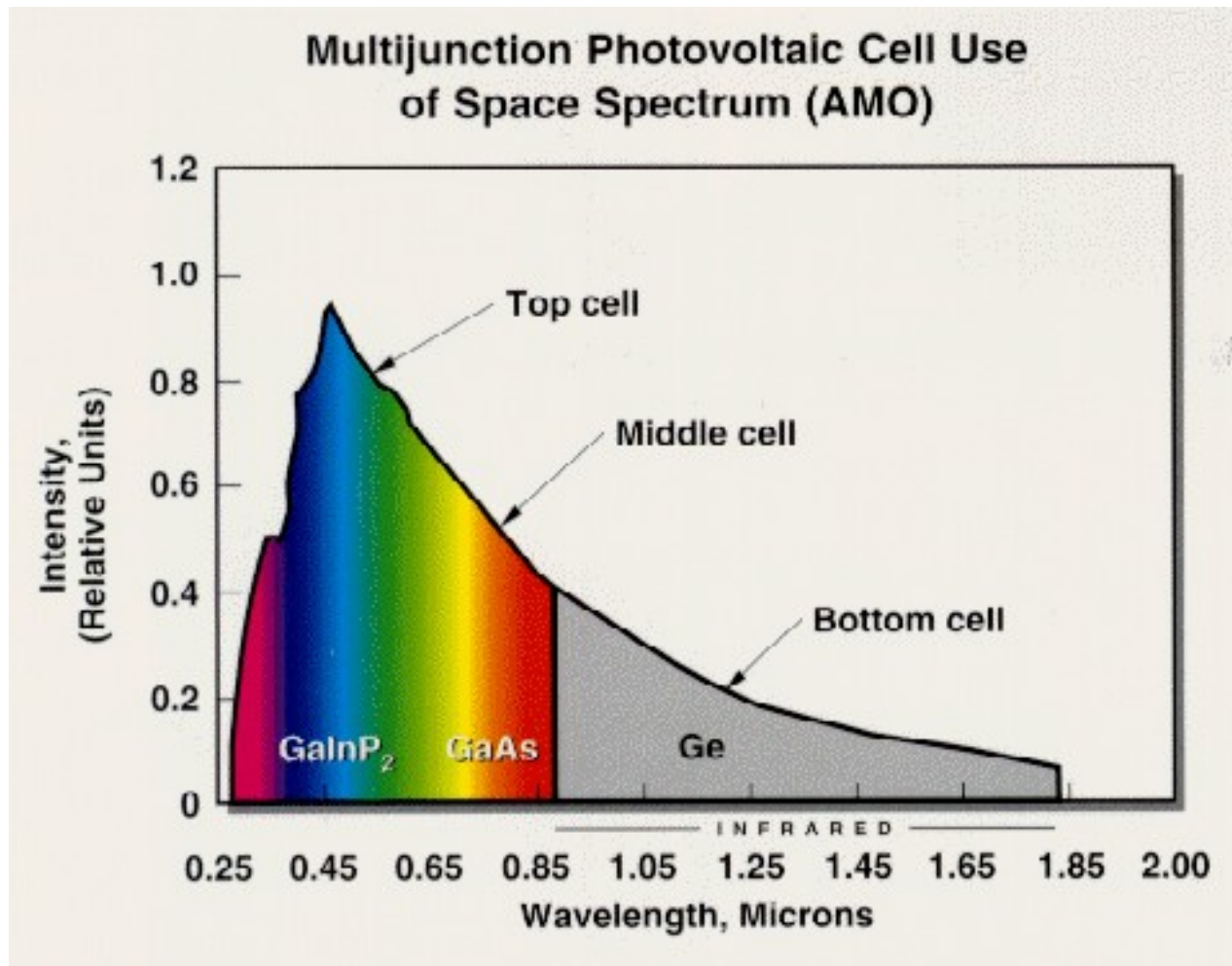
CIGSS = copper-
indium/gallium-
selenium/sulfur

c-Si = wafer-type
crystalline silicon

OSC = “organic”
solar cells

new concepts =
advanced versions
of existing
technologies
& new conversion
principles

Tandem SC



Pooljuhtpäikeseneenergeetika arenguperspektiivid



EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION

Key Results

Solar Electricity:	1% total production by 2020 26% total production by 2040
Market Volume:	54,000 MW/a by 2020
Module costs:	< 1 US\$/Wp by 2020
Cost per kWh (Berlin):	20 US Cents by 2020
Annual CO2 savings:	160 million tonnes by 2020
Jobs:	2.3 million globally by 2020

Vision 2030

- **PV moodulite efektiivsus: 25 %, mooduli eluiga > 40 years, energia taastootmise aeg < 1 aasta kogu süsteemile**
- **Kõik PV moodulid ja süsteemid on loodud looduses laialt levinenud ja mittemürgistest materjalidest**
- **Enamik uusi ehitusi on varustatud päikesepaneelidega, osa neist on ühendatud üldisesse elektrivõrku**
- **PV elektri hind: langenud vähemalt 5 korda (0.05 - 0.12 €/kWh aastal 2030) ja on konkurentsivõimeline traditsioonilistest energiaallikatest toodetud elektrienergia hinnaga enamuses EL riikides**

Vision 2030, II

- On loodud tugev suure ekspordivõimega PV paneelide tööstus, on loodud 200,000 kuni 400,000 uut töökohta
- EL: 200 GWp installeeritud võimsus
- Maailm: 1,000 GWp ~ 1,000 TWh/aastas = 4 % kogu maailma elektrienergia toodangust
- PV on leidnud laia leviku mägistel aladel ja arengumaades: PV elektrit kasutab > 100 miljonit perekonda
- On loodud tugev edasise kasvu potentsiaal sama kiireks kasvuks järgneval ajaperioodil

Päikese-energeetika Eestis, olevik ja tulevik

1. Teadus-arendustegevus
2. Kasutamine energia tootmiseks

Tunnustused

- Euroopa Liidu Päikeseenergeetika Materjalide ja Seadiste Tippkeskus, 2002
- Eesti Vabariigi Keemia ja Materjaliteaduse Tippkeskus, 2002
- Põhjamaade Päikeseenergeetika Tippkeskus, 2007

Need, kellele võlgneb EV oma edu päikeseenergeetika alases TAT-s



Tunnustused

1 ENSV Teaduspreemia

A_2B_6 tüüpi pooljuhtmaterjalide keemia ja
uued optoelektronika seadised

3 Eesti Vabariigi Teaduspreemia

Uute odavate pooljuhtmaterjalide alased
teadusuuringud

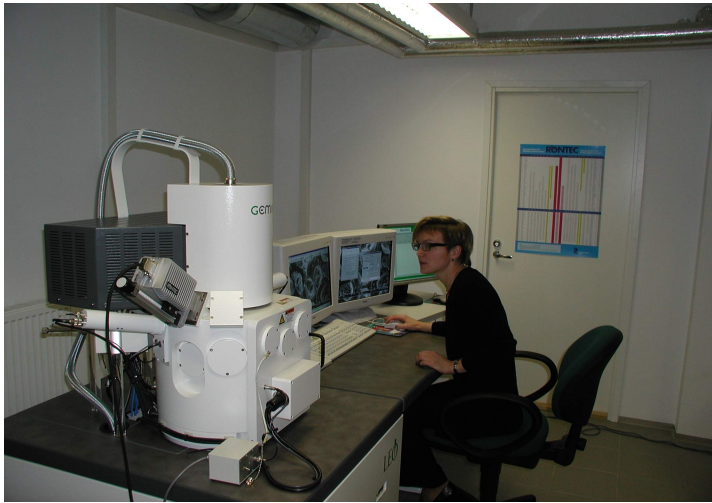
2006 Eesti Vabariigi Teaduspreemia

Uute odavate pooljuhtmaterjalide ja
päikesepatareide alased uuringud

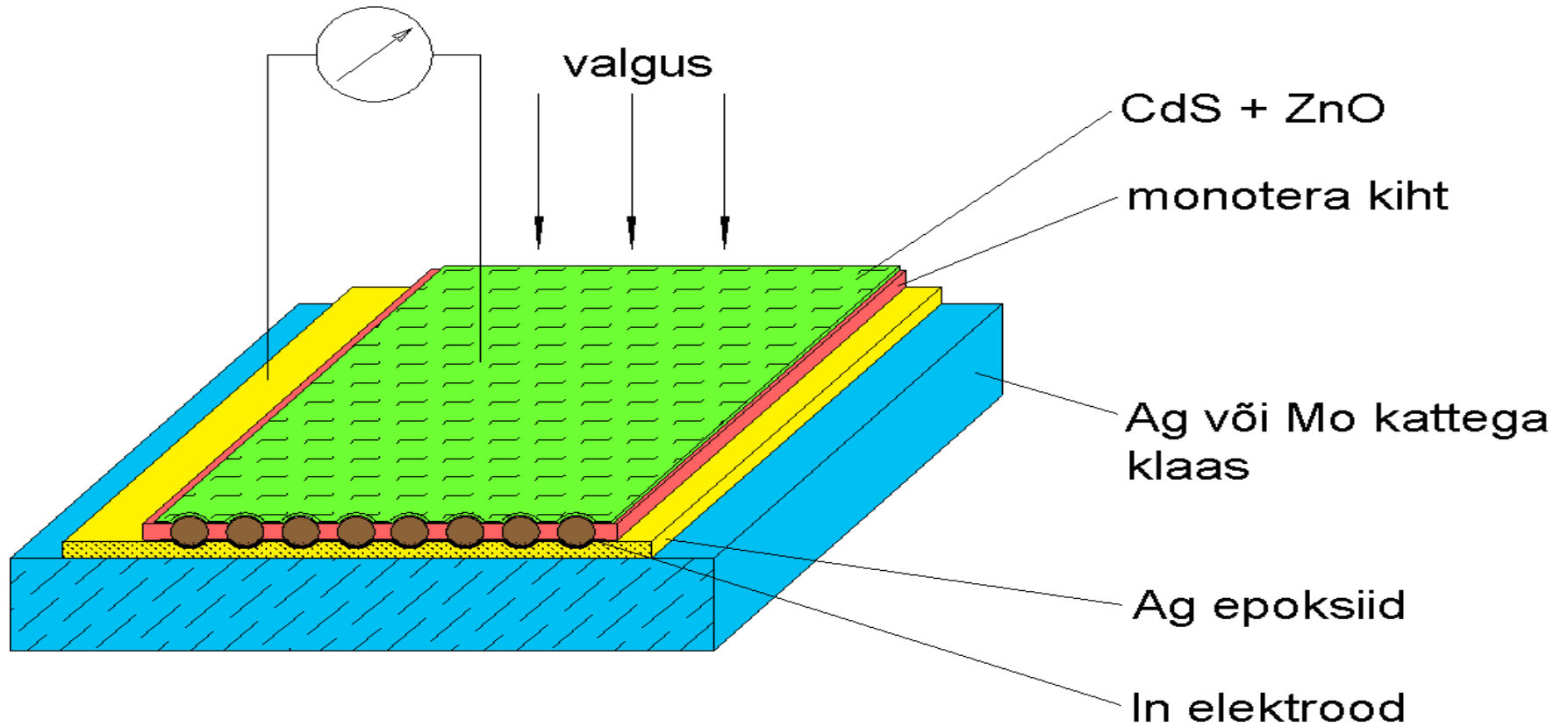
Euroopa Liidu teadusprojektid

- 2003 - 2006 FW project *The European Polymer Solar Battery* (ENK5-CT-2002-00687) – EURO-PSB
- 2003 - 2006 FW project *Materials and Technologies for Photovoltaic Applications from Estonia* (ENK6-CT-2002-80664) – PV-EST
- 2002 - 2006 FW project *Co-ordination of NAS and European Union RTD Programmes on Photovoltaic Solar Energy* (NNE5-2002-00046)
- 2004-2007 FW project 502775 (SES6) *European Collaboration for identification of PV research and market opportunities, socio-economic studies, performance assessment and dissemination of PV thermal technology “PV-Catapult”*
- 2004-2007 INTAS project *Science and Technology of Copper-indium Chalcogenites and Organic Conductive Polymers Based PV Solar Cells*
- 2004-2006 INTAS project *Optical and structural analysis of single crystals and thin films of CuIn_3Se_5 , CuGa_3Se_5 , CuIn_4Se_6 , CuIn_5Se_8 , CuGa_5Se_8 for photovoltaic applications*
- 2007-2009 FW project “Performance”

Teaduslabor



Monoterakiht



Swords to Plowshares
or even better:

Gunmetal

a CuZnSn alloy

to

Solar Cells

$Cu_2ZnSnS_2Se_2$

THE New PV Material



Sculpture by Evgeniy V. Vuchetich

in front of the UN Headquarter, New York



Arvutame veidi

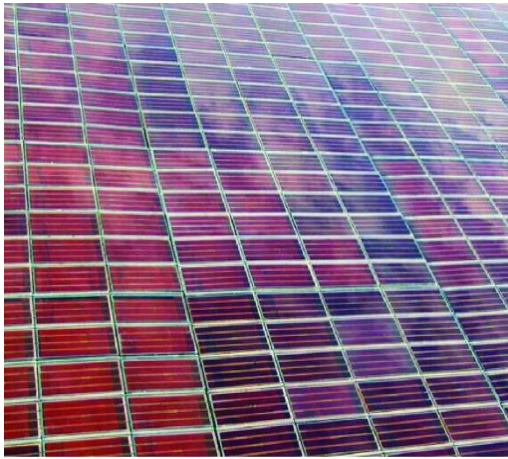
- Eestis tarbitakse aastas iga inimese kohta keskmiselt 8 MWh elektrienergiat
- Iga päev tuleks seega inimese kohta toota $8 \text{ MWh} / 365 = 22 \text{ kWh}$
- 1 m^2 pinnale langeb maksimaalselt 1kW päikeseenergiat, sellest otsest kiirgust ca 500 W
- Valget aega keskmiselt 12 tundi, seega piisab inimese kohta pinnast 4 m^2
- Kasuteguri juures 10% vajatakse umbes 40 m^2
- 1.5 milj. elaniku jaoks oleks vaja ümbes 6 Ülemiste järve suurust pindala.
- **SEE POLEGI JU VÕIMATULT PALJU!**

Päikesepatareide pindala



Eesti ligikaudne vajadus

Tuleviku Eesti



Järeldused

- Päikeseenergeetika potentsiaal on ülisuur.
- Päikeseenergeetika on kasutamiseks veel kallis.
Samal ajal tema mittekasutamine energia tootmiseks läheks inimkonnale veel kallimaks.
- Raskustele vaatamata päikeseenergeetika roll maailma energeetikas suureneb üha kiirenevalt.
- Päikeseenergeetika omab tulevikku ka Eestis.

Täna tähelepanu eest

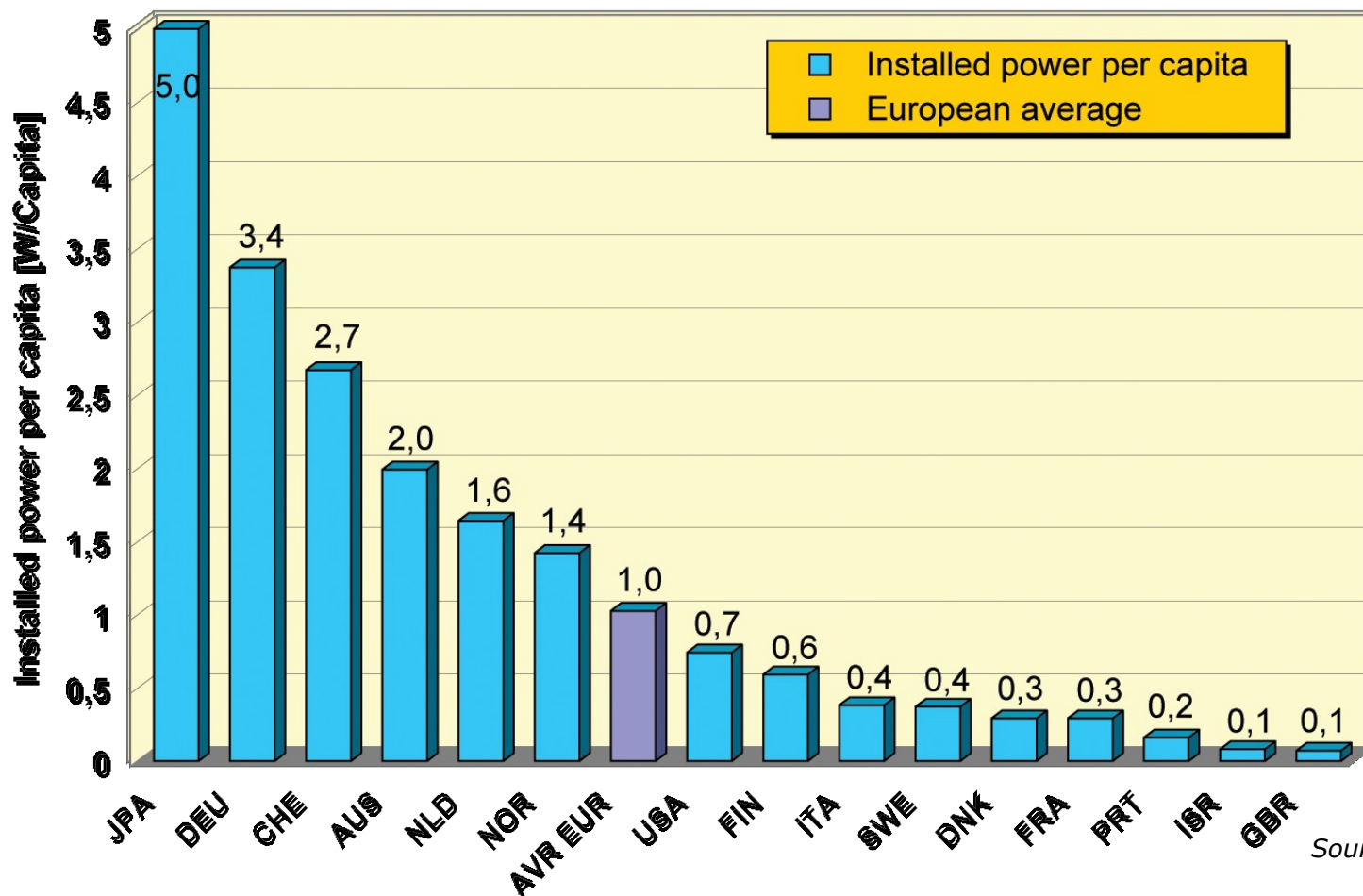
Õnne Rahvusvahelisel Meteoroloogiapäeval



Thin Film Industry

- more than 130 companies world wide
(range : research to production)
- 21 companies have produced thin film PV in 2006
- 78 companies have announced plans to increase
their production capacities
- 33 in Europe, 12 China, 19 USA, 9 Japan, 8 ROW
- 44 silicon based
- 19 $\text{Cu(In,Ga)}_2(\text{Se,S})_2$
- 8 CdTe
- 5 Dye & others

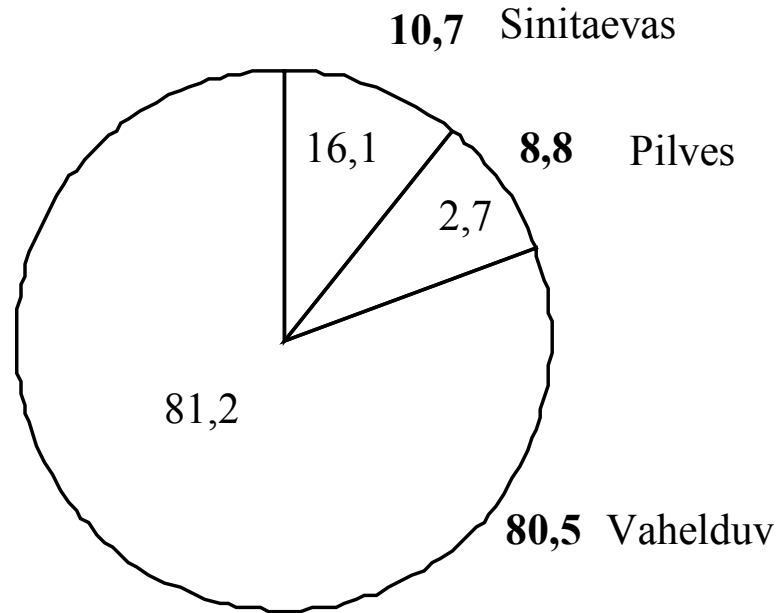
Ühe elaniku kohta installeeritud päikesepatareide võimsus



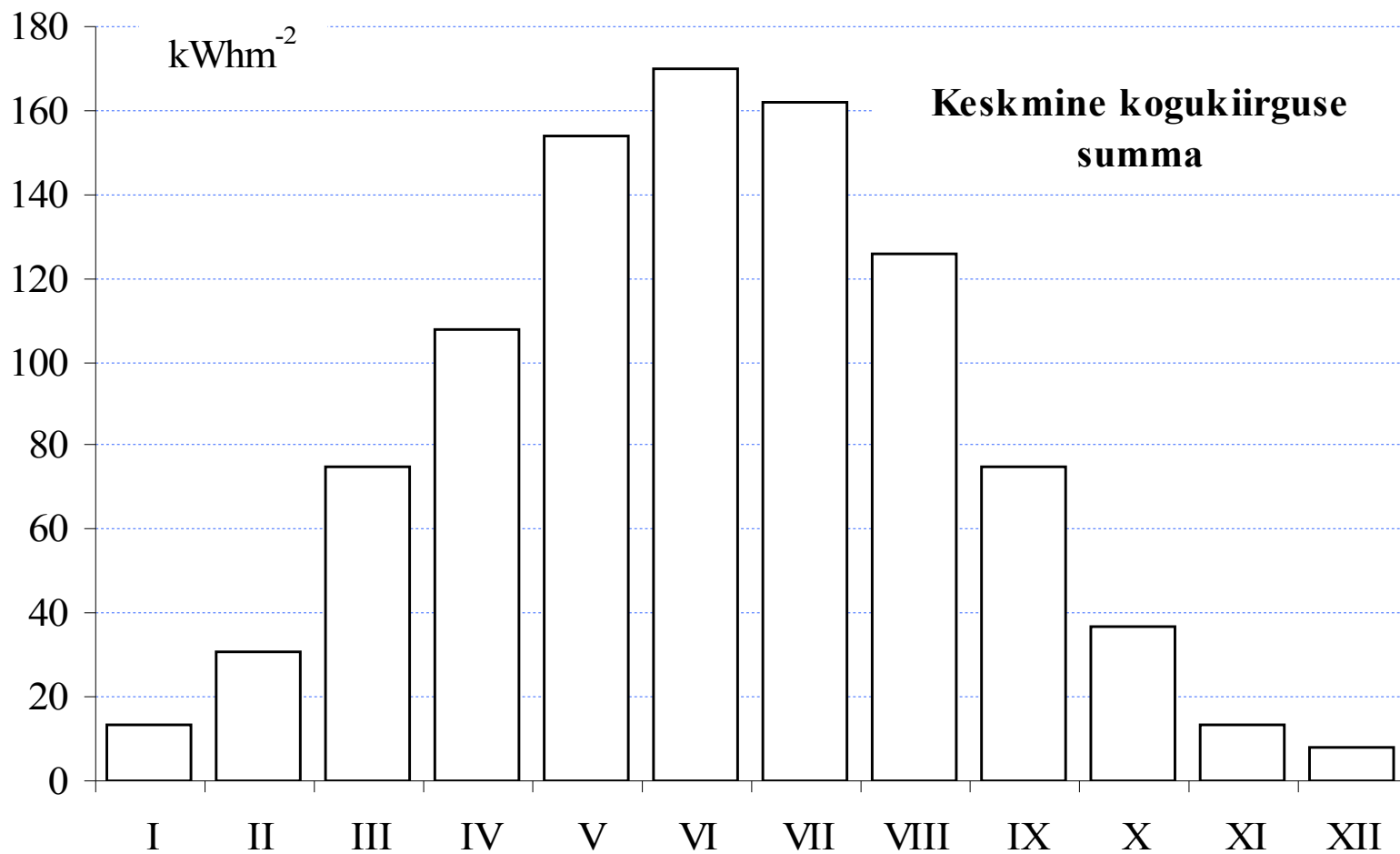
Source: IEA-PVPS

Suhteline päikeseliste päevade hulk Eestis

Suhteline kestvus,%
Suhteline energia %

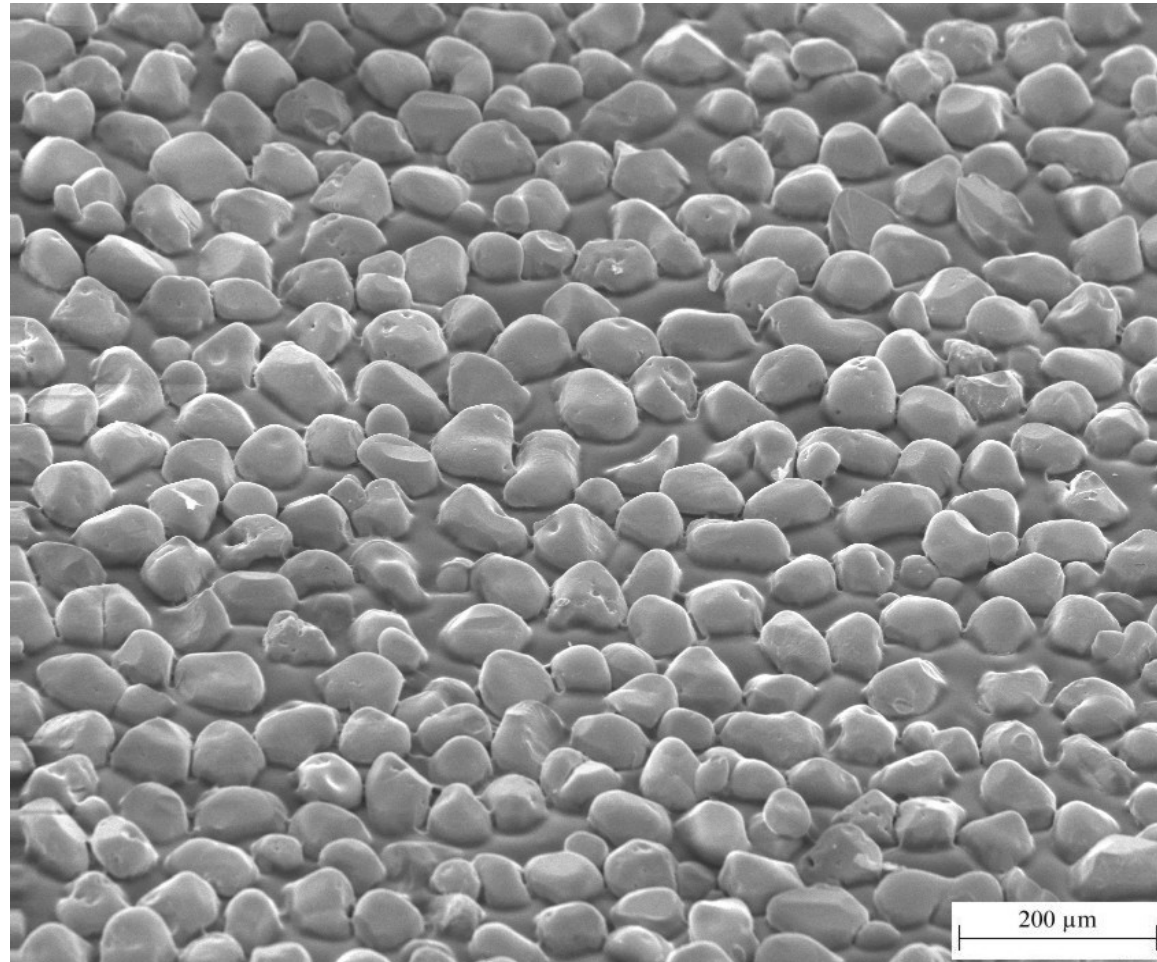


Päikese kogukiirus Eestis



Monoteraline päikesepatarei

CuInSe₂-CdS-
ZnO
päikesepatarei
pind



Monoterakihi OBIC pilt

