



# **Ветроэнергетический потенциал Узбекистана**

-

**Результаты детальных  
измерений параметров ветра в  
течение 12 месяцев на двух  
пилотных участках**

**Йоханнес Беккер**

**Ташкент, Узбекистан**

**9 июня 2016г.**

Интернациональная инженерно-консалтинговая компания, разрабатывающая технические и экономические решения в области энергетики, применения возобновляемых источников энергии и энергоменеджмента с учетом воздействия на изменение климата

---

Многопрофильная команда специалистов с обширным опытом в области разработки, организации и реализации проектов высокой технической значимости.

Способна организовать компетентную интернациональную команду, состоящую более чем из 80 постоянных экспертов различной специализации.

В настоящее время активно работает в 30 странах на различных континентах (Африка, Азия, Центральная Америка, Европа).

## О группе

**intec** является частью консалтинговой группы GOPA Consulting Group и охватывает полный сегмент международного бизнеса в энергетическом секторе



... краткий обзор...

- Почти 50-летний опыт работы в области интернационального сотрудничества и технической поддержки почти во всех сферах услуг и во всех странах
- В настоящее время состоит из 8 независимых консалтинговых компаний, специализирующихся в области энергетики и экологии, инфраструктуры, водоснабжения, сельского хозяйства, управления, образования, здравоохранения, экономического развития и коммуникации
- В 2013 г. общий оборот превысил 130 млн. евро
- В настоящее время около 600 сотрудников работают в главных представительствах компании и за рубежом
- Член международной организации “Transparency International”

# Организация и управление



## GEO-NET ...

...имеет многопрофильную команду из 30 экспертов и с 1999 г. предоставляет консалтинговые услуги в сфере

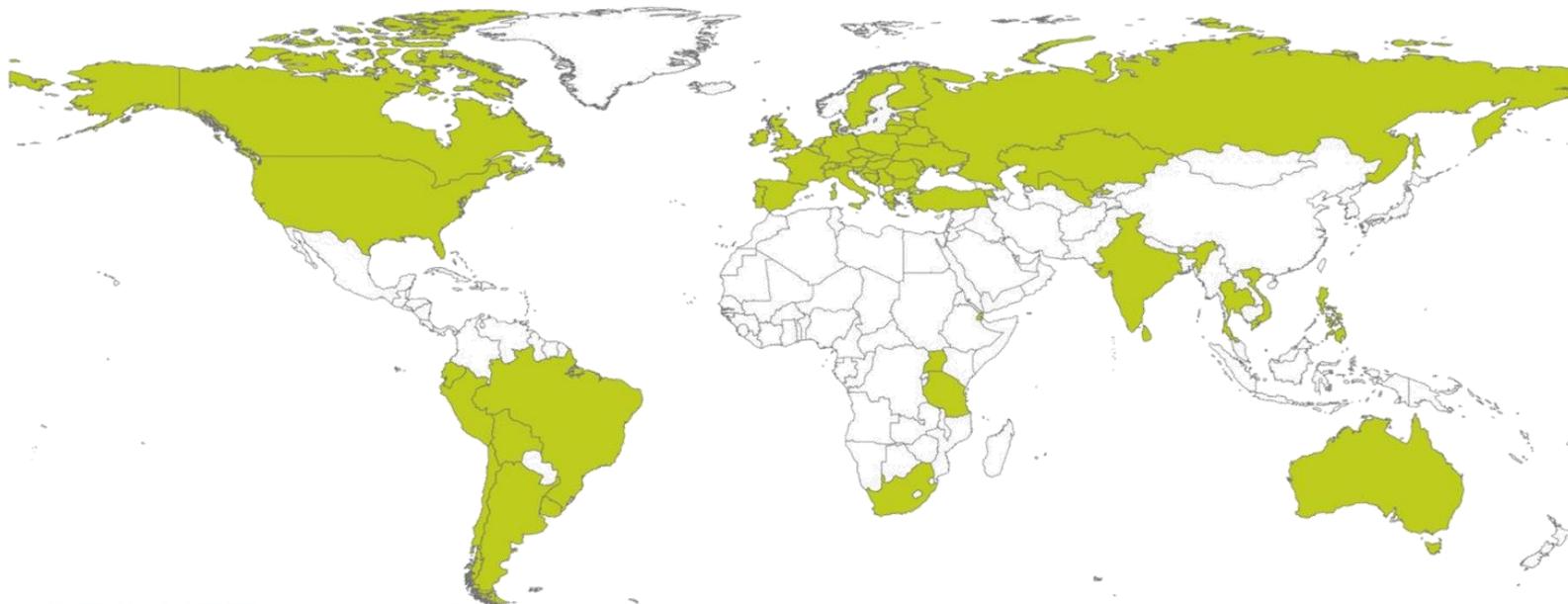
- + ветроэнергетики
- + экологической метеорологии
- + экологического планирования

...обладает интернационально признанной и приемлемой для банков аккредитацией по

- + проведению ветроизмерительных кампаний
- + исследованиям потенциала ветра
- + расчету выработки электроэнергии ветроэлектростанциями



## Ветроэнергетические проекты во всем мире



- + GEO-NET провел более **120** ветроизмерительных кампаний во всем мире
- + GEO-NET подготовил более **2000** приемлемых для банков отчетов для ветроэнергетических проектов во всем мире

## **+ Содержание**

- I. **Потенциально возможная установленная ветроэнергетическая мощность в Узбекистане**
- II. **Результаты измерения параметров ветра на протяжении 12 месяцев в Нукусе и Зарафшане**
- III. **Годовое производство электроэнергии ветроэлектростанциями Нукус и Зарафшан**

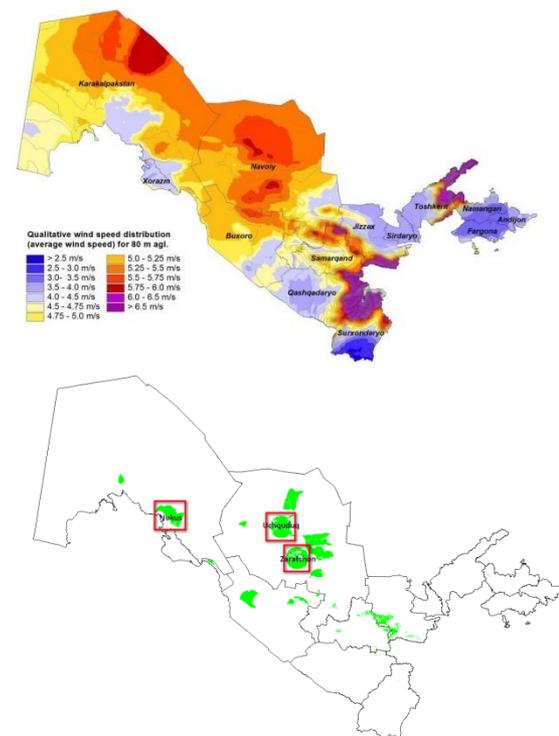




# I. Потенциально возможная установленная ветроэнергетическая мощность в Узбекистане

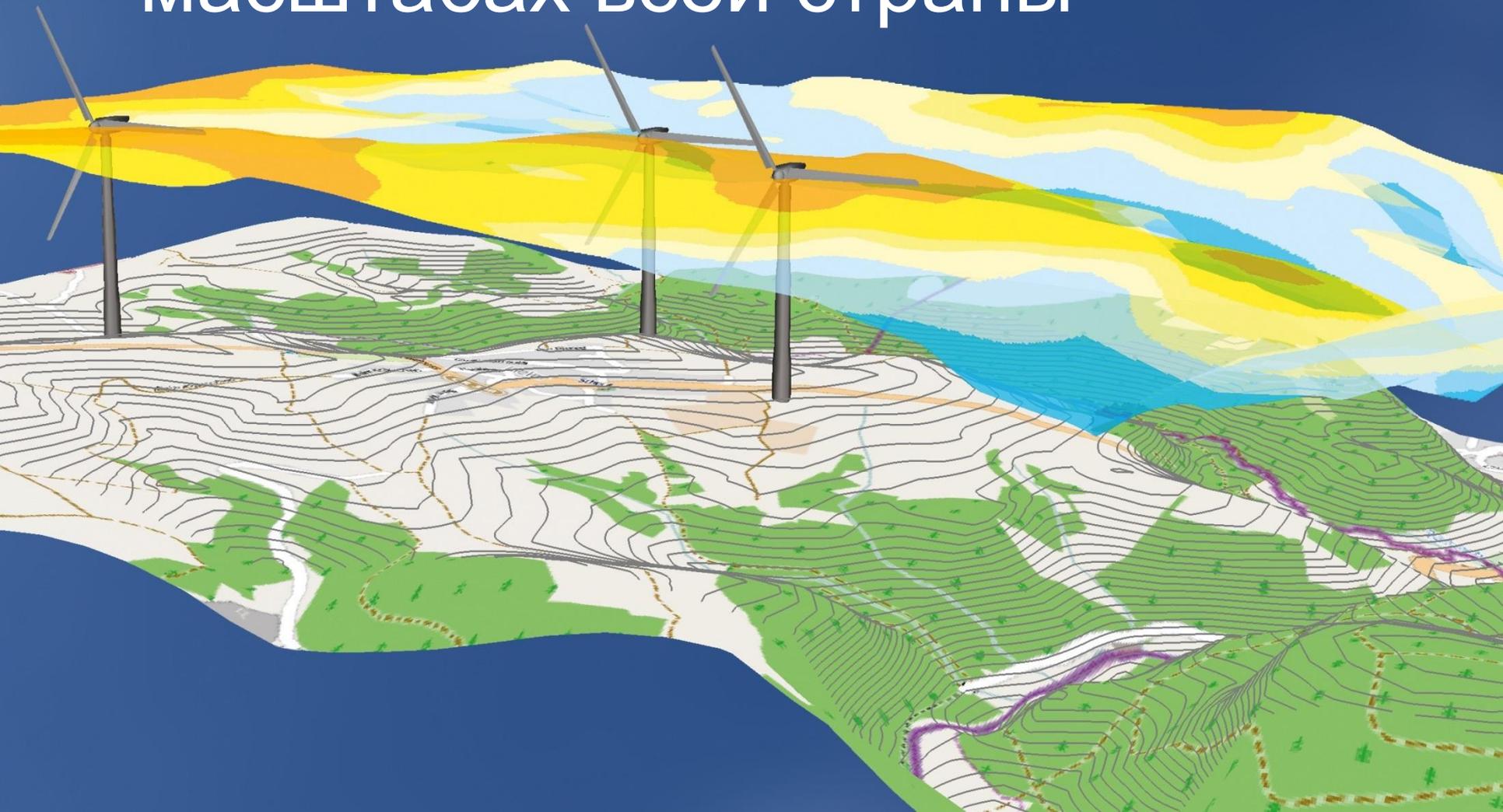
## Как вычисляется потенциально возможная ветроэнергетическая мощность

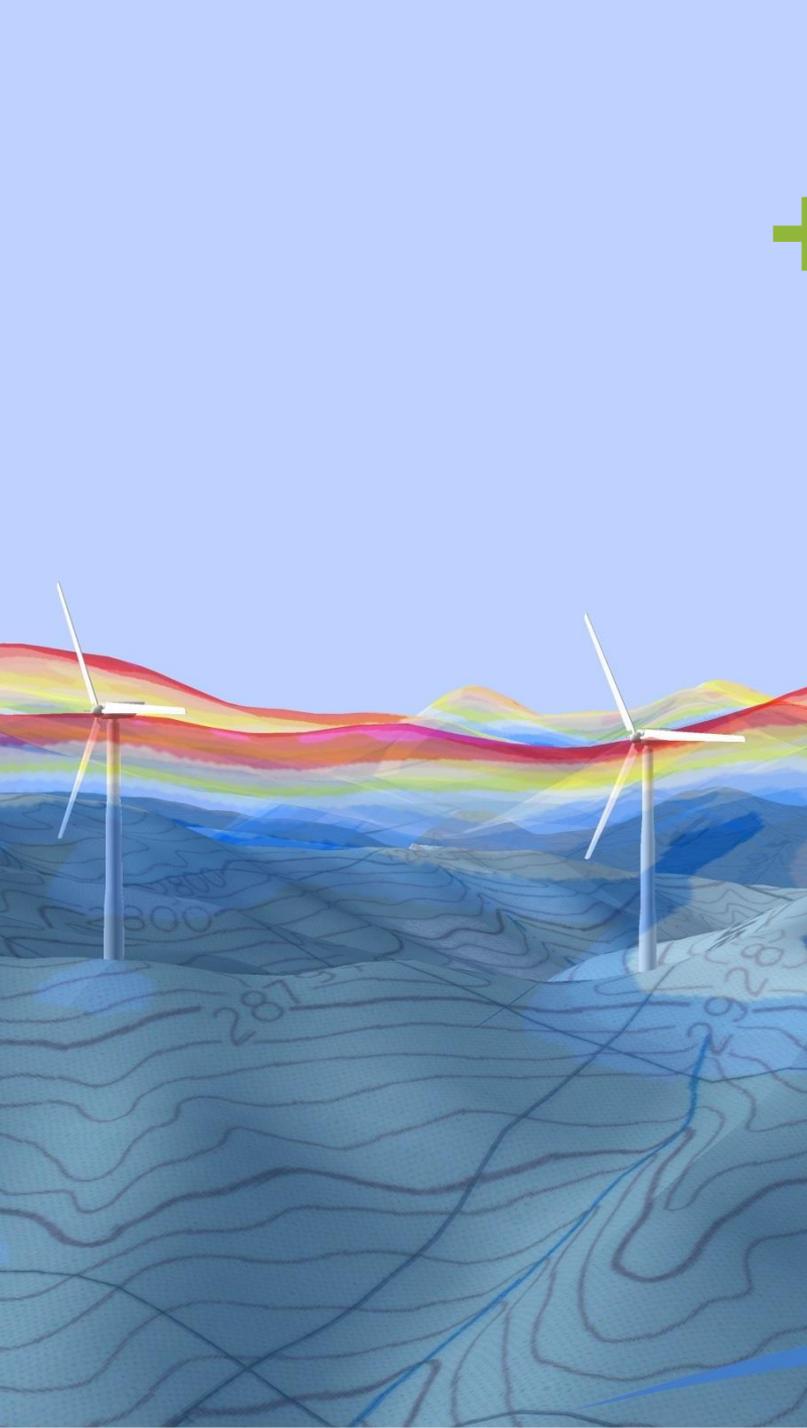
- ✓ Расчет ветровых условий в масштабах всей страны
- ✓ Идентификация участков, отвечающих требованиям для установки ветроэлектростанций
- ✓ Расчет числа возможных для установки ветрогенераторов на данных участках





# Расчет ветровых условий в масштабах всей страны

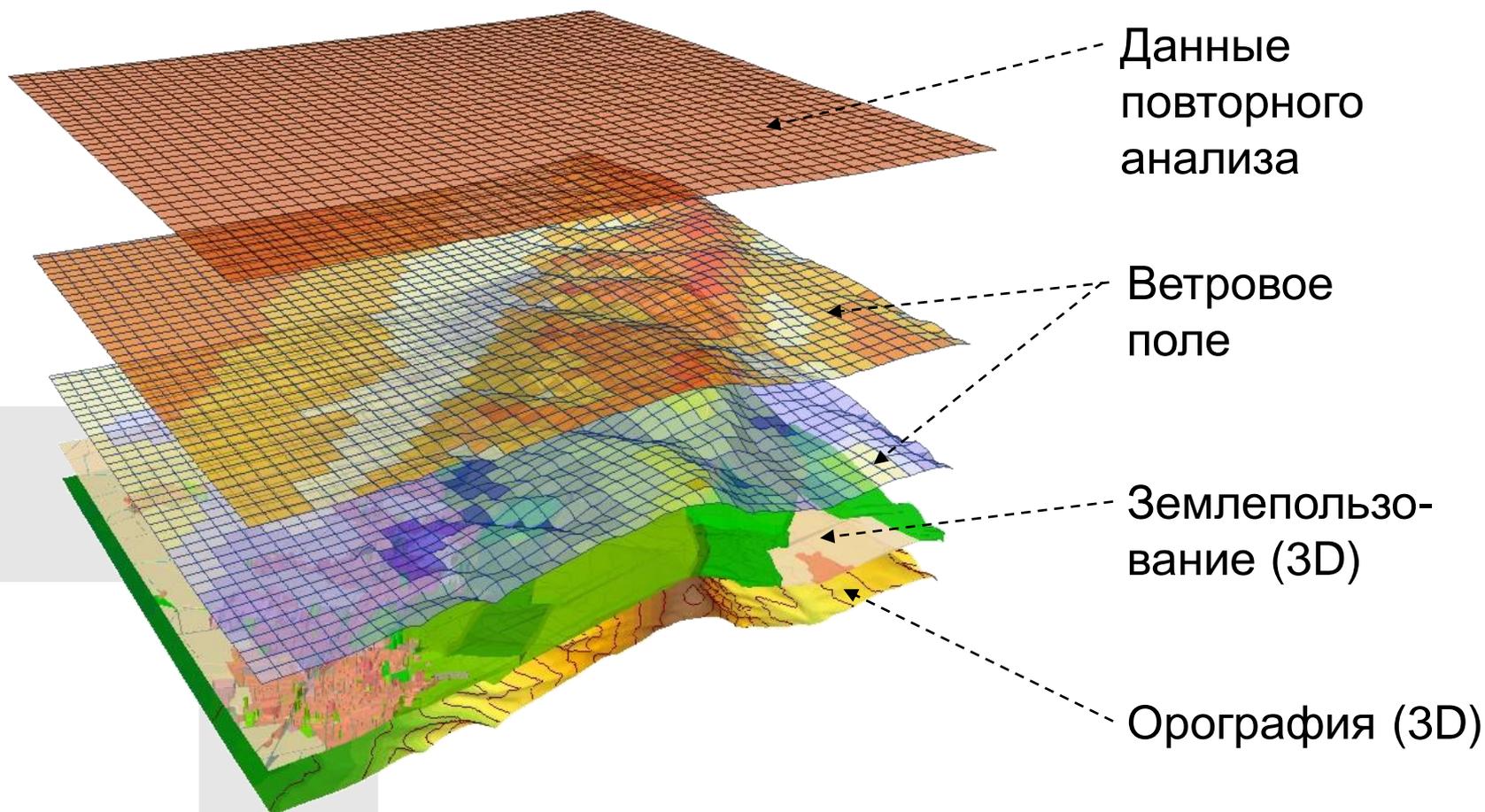




## ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОГРАММЫ FITNAH

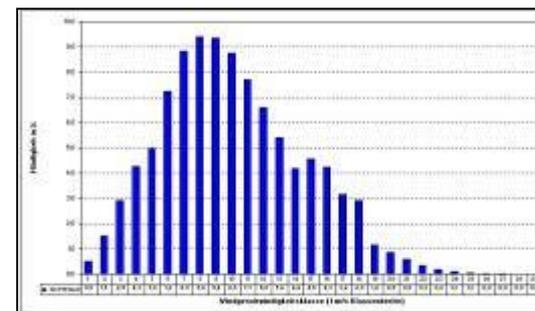
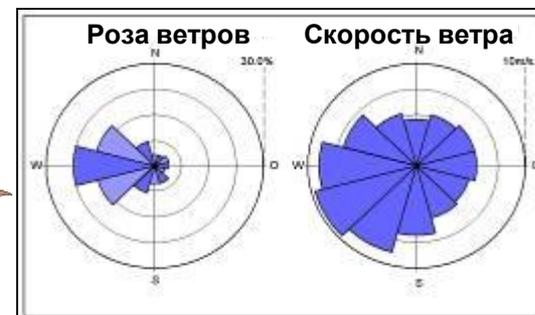
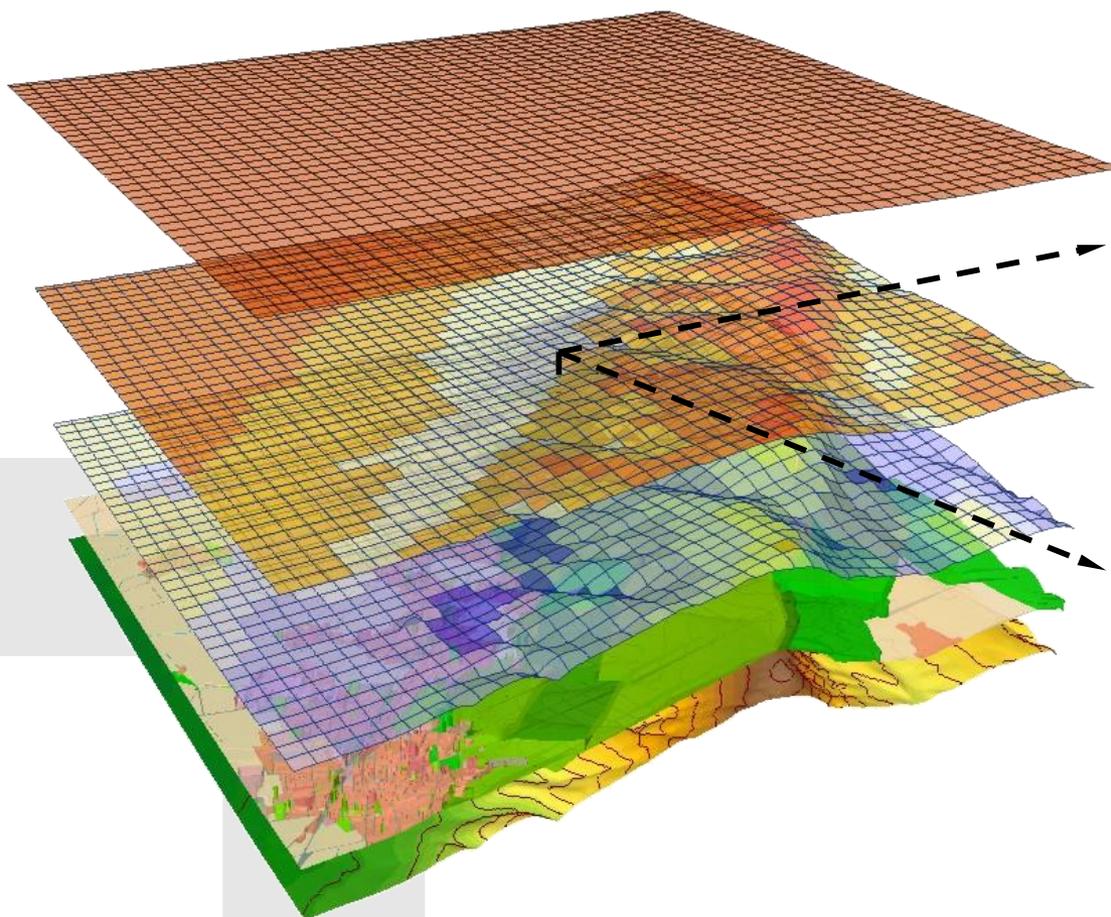
- + Моделирование ветрового поля может проводиться и без соответствующих измерений параметров ветра
- + Ветровое поле может быть генерировано с любым желаемым разрешением – сетка от 25 до 400 м
- + Региональные климатические особенности могут быть моделированы и интегрированы в ветровой анализ
- + Для каждой планируемой ВЭС может быть составлена своя ветровая статистика

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ПОЛЯ



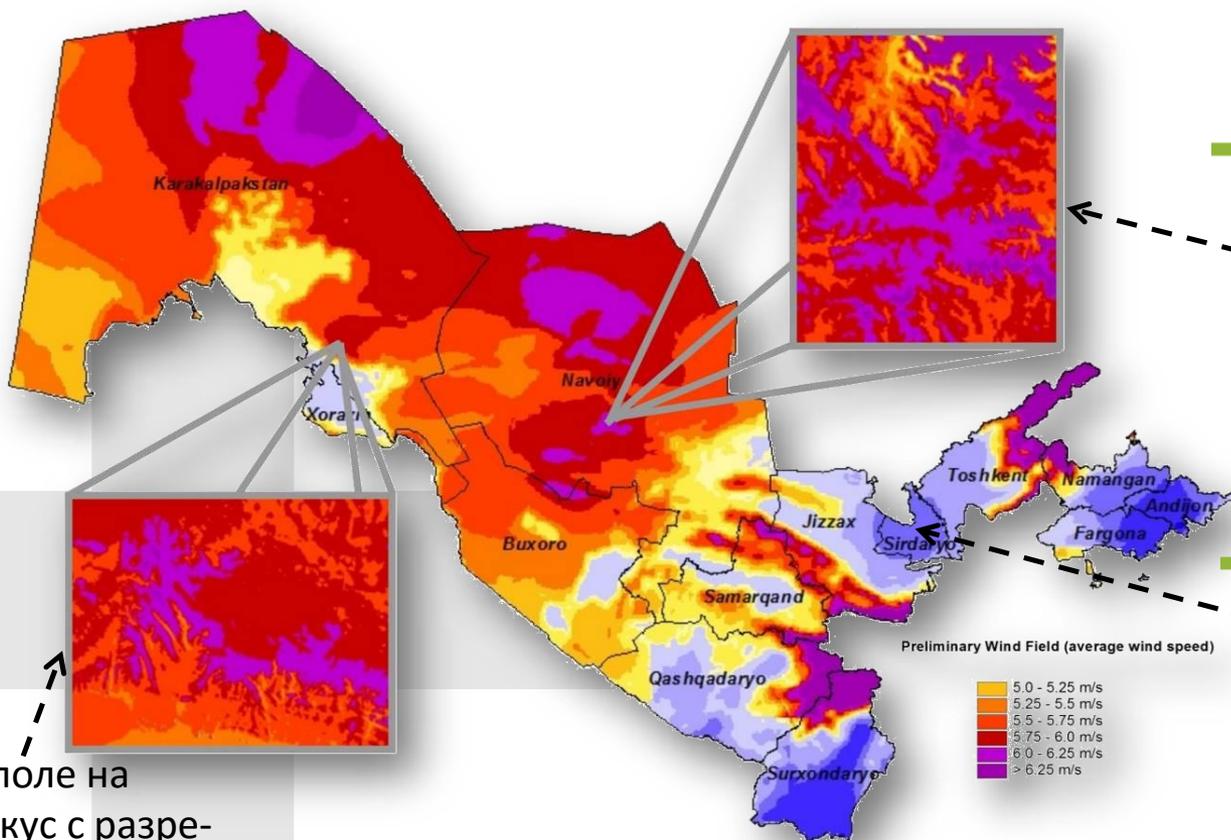


## ВЕТРОВОЕ ПОЛЕ



Каждая клетка сетки имеет свою специфическую ветровую статистику

# ВЕТРОВАЯ КАРТА УЗБЕКИСТАНА



+ Ветровое поле на участке Нукус с разрешением 100м

+ Ветровое поле на участке Зарафшан с разрешением 100м

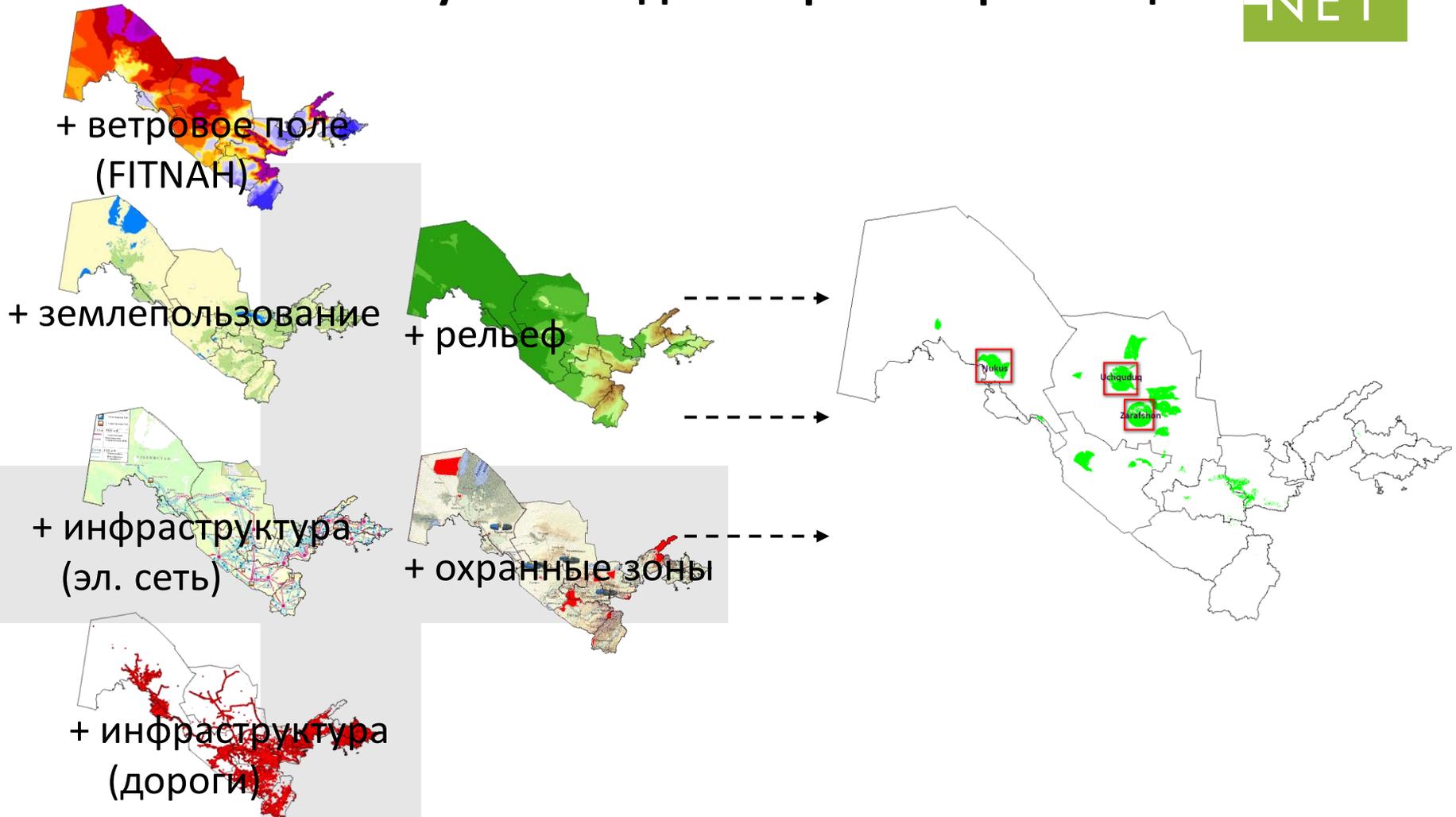
+ Ветровое поле Узбекистана с разрешением 2,0 км



# ПРОЦЕДУРА ПОИСКА УЧАСТКА ДЛЯ ВЭС



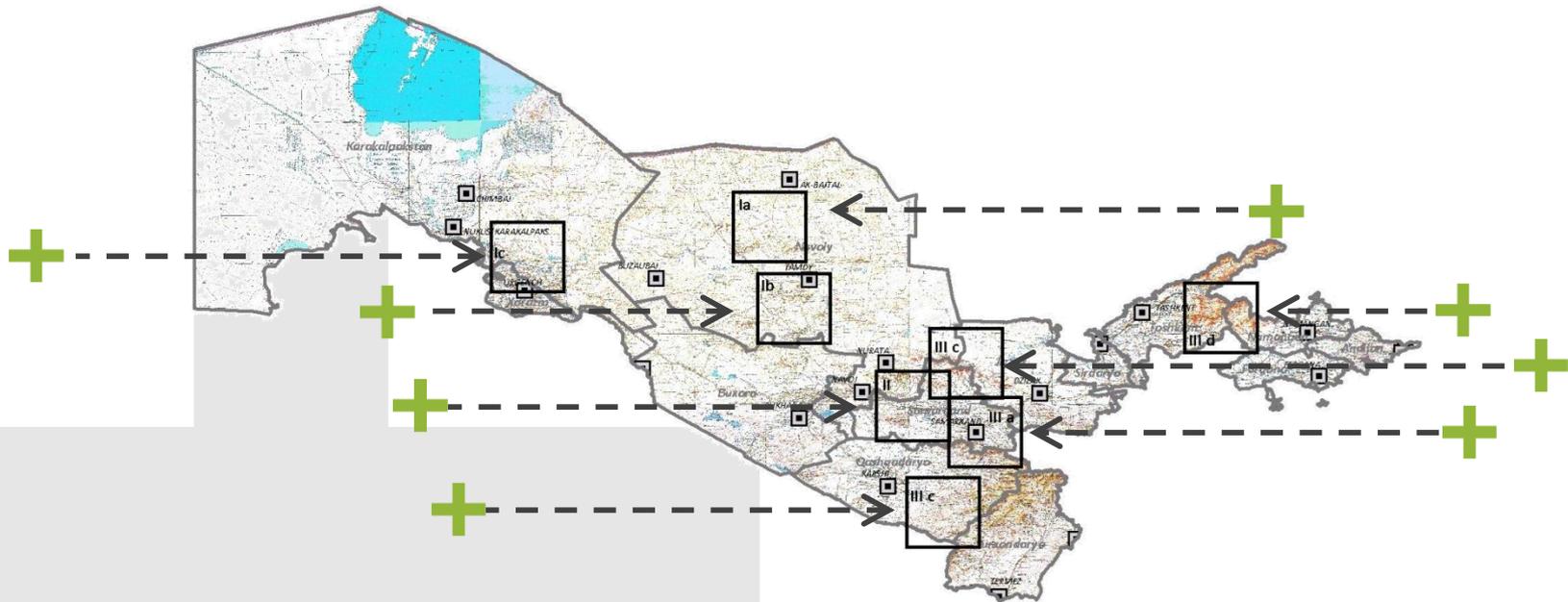
# Поиск участков для ветроэлектростанций



## Критерии для выбора участков ВЭС

Критерий	Требования
<b>Ветровые условия</b>	✓ Смоделированная среднегодовая скорость ветра более 5,5 м/с
<b>Ограничительные зоны</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Участок не находится на территории природоохранных зон, водных объектов</li> <li>✓ Заселенные территории, непригодные для разработки ветроэлектростанций</li> </ul>
<b>Пригодность рельефа</b>	✓ Наклон рельефа менее 5°
<b>Наличие дорог</b>	✓ Участки должны находиться в пределах 15 км от ближайшей дороги для осуществления хозяйственных перевозок
<b>Наличие электросети</b>	✓ Участки, пригодные для разработки ВЭС, должны находиться в 30 км от ближайшей подстанции

# Участки, идентифицированные для разработки ВЭС



**+** Потенциальные участки – общая площадь всех идентифицированных участков составляет 1.734.195 га (= 17.342 км<sup>2</sup>)

Основываясь на оценках, Узбекистан обладает потенциалом для разработки ветроэлектростанций мощностью

**520 ГВт** (установленная мощность ВЭС в Китае: 145 ГВт, США: 74 ГВт, Германии: 45 ГВт)

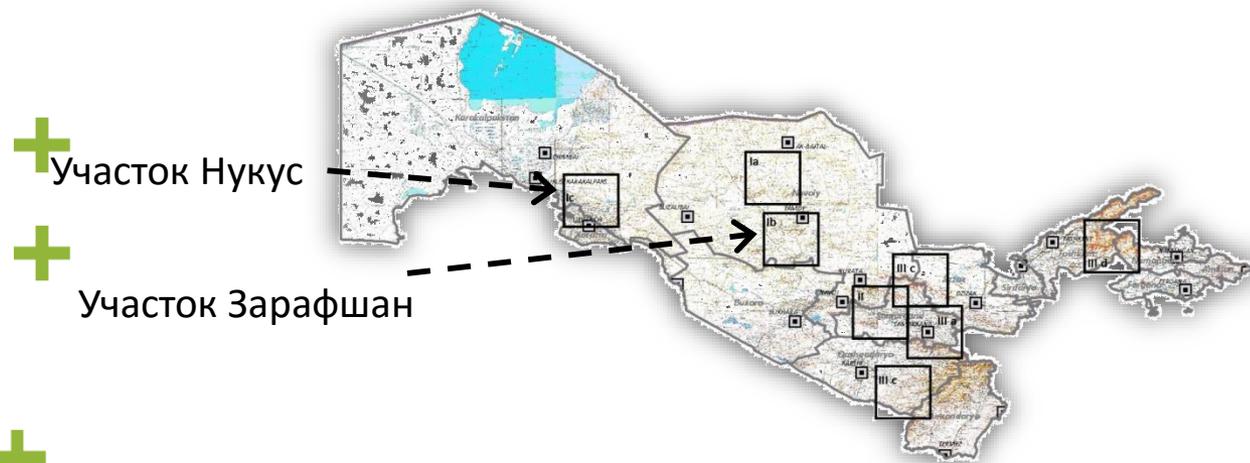
- + **Навоийская** область имеет **наибольшее** количество и **крупнейшие** участки для развития ВЭС
- + **Каракалпакстан, Бухарская и Самаркандская** области имеют огромные территории для разработки ВЭС
- + Небольшие территории были идентифицированы в **Ташкенте/Намангане**
- + В общей сложности более **1.077.651 ГВтч** электроэнергии в **год** можно было бы производить на ВЭС в Узбекистане



## II. Результаты измерения параметров ветра на протяжении 12 месяцев в Нукусе и Зарафшане

## Участки, выбранные для разработки ветроэлектростанций

- + На основе **моделирования**, процедуры поиска участков и **посещения группы экспертов** в августе 2014 г. были выбраны **два участка** для дальнейшего **развития ВЭС**.

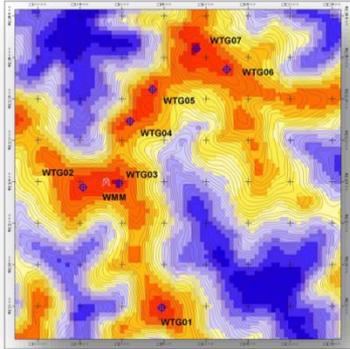


- + Оба участка имеют **огромный потенциал** (60 ГВт Нукус, 75 ГВт Зарафшан), хорошие **ожидаемые долгосрочные ветровые условия** и **хороший доступ**



## Для чего необходимы измерения ветра?

- Выработка электроэнергии, **главным образом, зависит от ветровых условий**
- Ветровые условия **могут резко отличаться** в зависимости от места и высоты над поверхностью земли
- **Неточности** возникают из-за **ошибок и неточностей** исходных данных и моделирования
- Анализ **местных ветровых условий** необходим для **точного** определения местных ветровых условий
- ➔ Необходимы точные **измерения** в соответствии с новейшими **международными стандартами**



# Метеомачты Зарафшан/Нукус

+  
85,0 м: Анемометр  
83,4 м: Анемометр и  
флюгер  
82,0 м: Датчик  
температуры/  
влажности



+  
60,0 м: Анемометр и  
флюгер



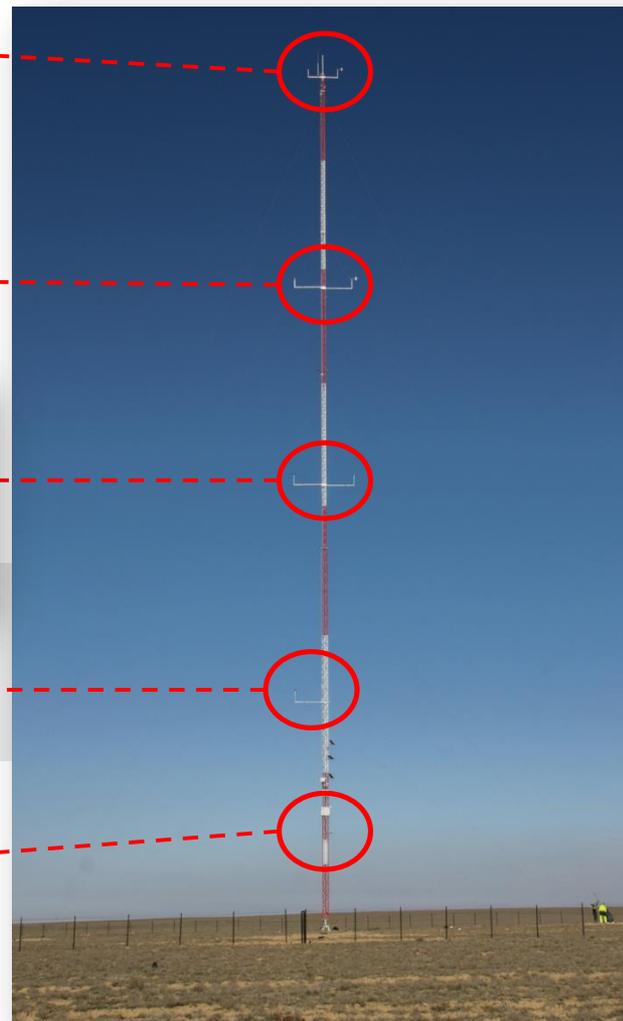
+  
40,0 м: 2x анемометр



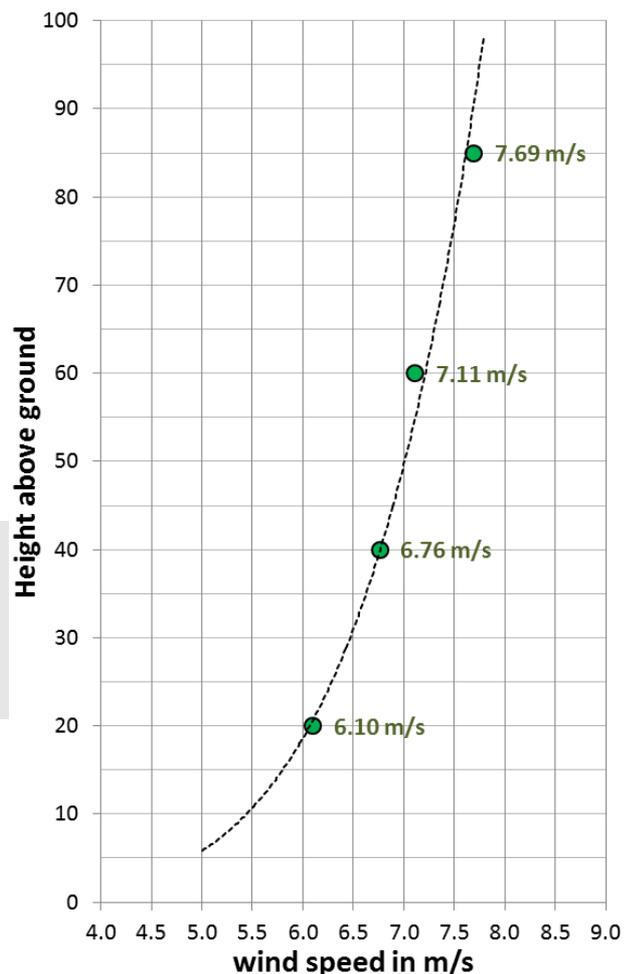
+  
20,0 м: 1x Anemometer



+  
10,0м: Термометр  
7,0 м: Пиранометр



## Результаты измерений в НУКУСЕ

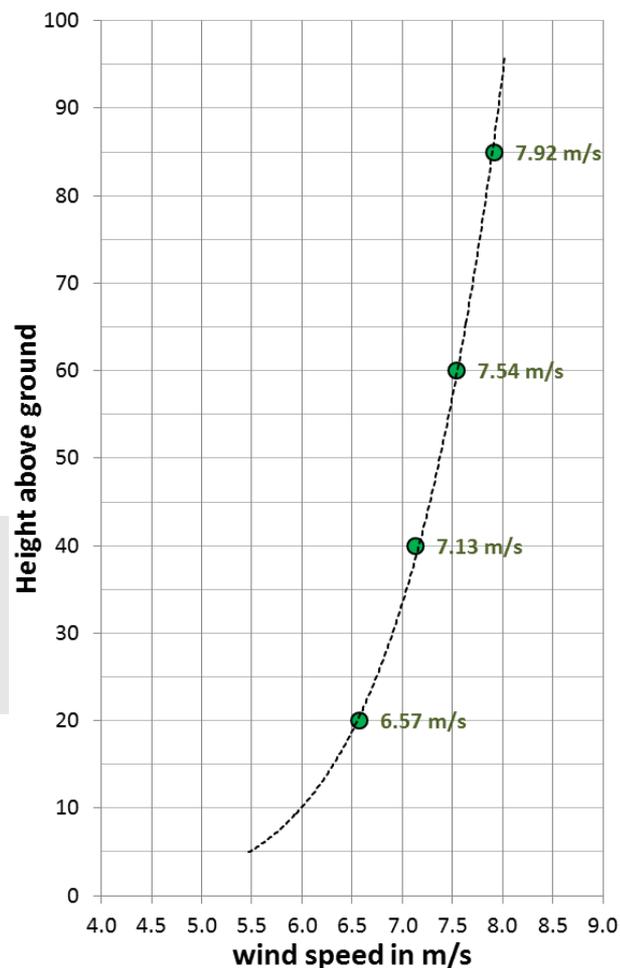


- Измеренная **скорость ветра** за 12-месячный период составила **7,69 м/с** на высоте 85м над уровнем земли
- Высокая степень пригодности измеренных данных на соответствующих высотах (98,3% на высоте 85м)
- **Долгосрочное среднее значение (20 лет)** на высоте 85м составляет **7,6 м/с**

Высота над землей	Средняя скорость ветра [м/с]	Макс. скорость ветра [м/с]
85,0 m	7,69	37,53
60,0 m	7,11	28,63
40,0 m	6,76	28,05
20,0 m	6,10	26,23



## Результаты измерений в ЗАРАФШАНЕ



- Измеренная **скорость ветра** за 12-месячный период составила **7,92 м/с** на высоте 85м над уровнем земли
- Высокая степень пригодности измеренных данных на соответствующих высотах (96,2% на высоте 85м)
- **Долгосрочное среднее значение (20 лет)** на высоте 85м составляет **7,9 м/с**

Высота над землей	Средняя скорость ветра [м/с]	Макс. скорость ветра [м/с]
85,0 м	7,92	30,42
60,0 м	7,54	26,00
40,0 м	7,13	26,44
20,0 м	6,57	26,64



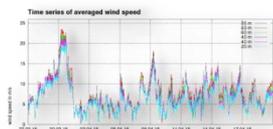
### **III. Годовое производство электроэнергии на ветроэлектростанциях Нукус и Зарафшан**



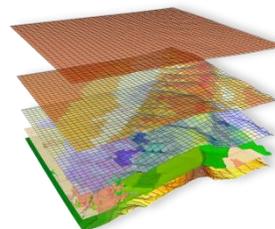
# Расчет выработки электроэнергии



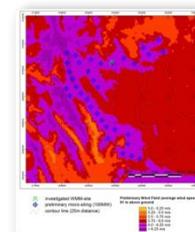
Данные измерения  
ветра за 12 месяцев



Долгосрочная  
корректировка  
(20 лет)



Ветровая карта  
(расчет ветровых  
условий на месте  
установки  
ветрогенератора)

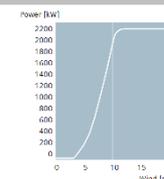
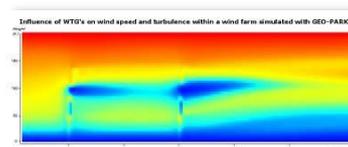


Микросайтинг  
(определение  
оптимального  
местоположения  
ветрогенераторов)

Долгосрочная годовая  
выработка  
электроэнергии в  
МВтч

Сокращение за счет  
воздействия спутной  
струи

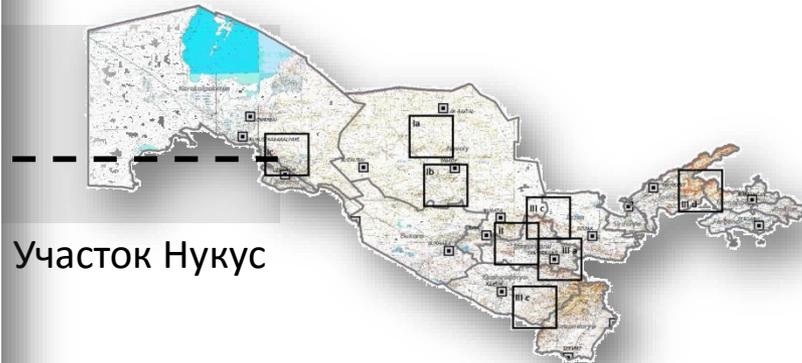
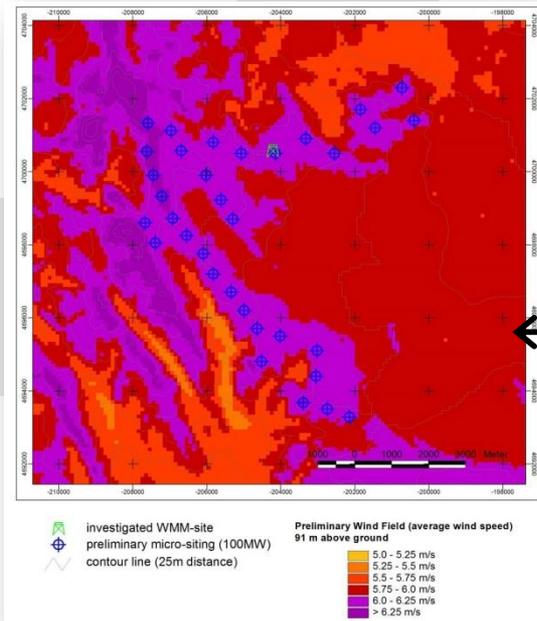
Расчет выработки  
электроэнергии  
для каждого отдельного  
ветрогенератора



# Ветроэлектростанция 100 МВт НУКУС

Для генерального плана ВЭС был выбран **отраслевой стандартный** ветрогенератор (ротор 100 м, высота оси 100м, генератор 3МВт)

На основе ветровой карты с разрешением 100м был разработан генеральный план ВЭС общей мощностью 100 МВт



Участок Нукус

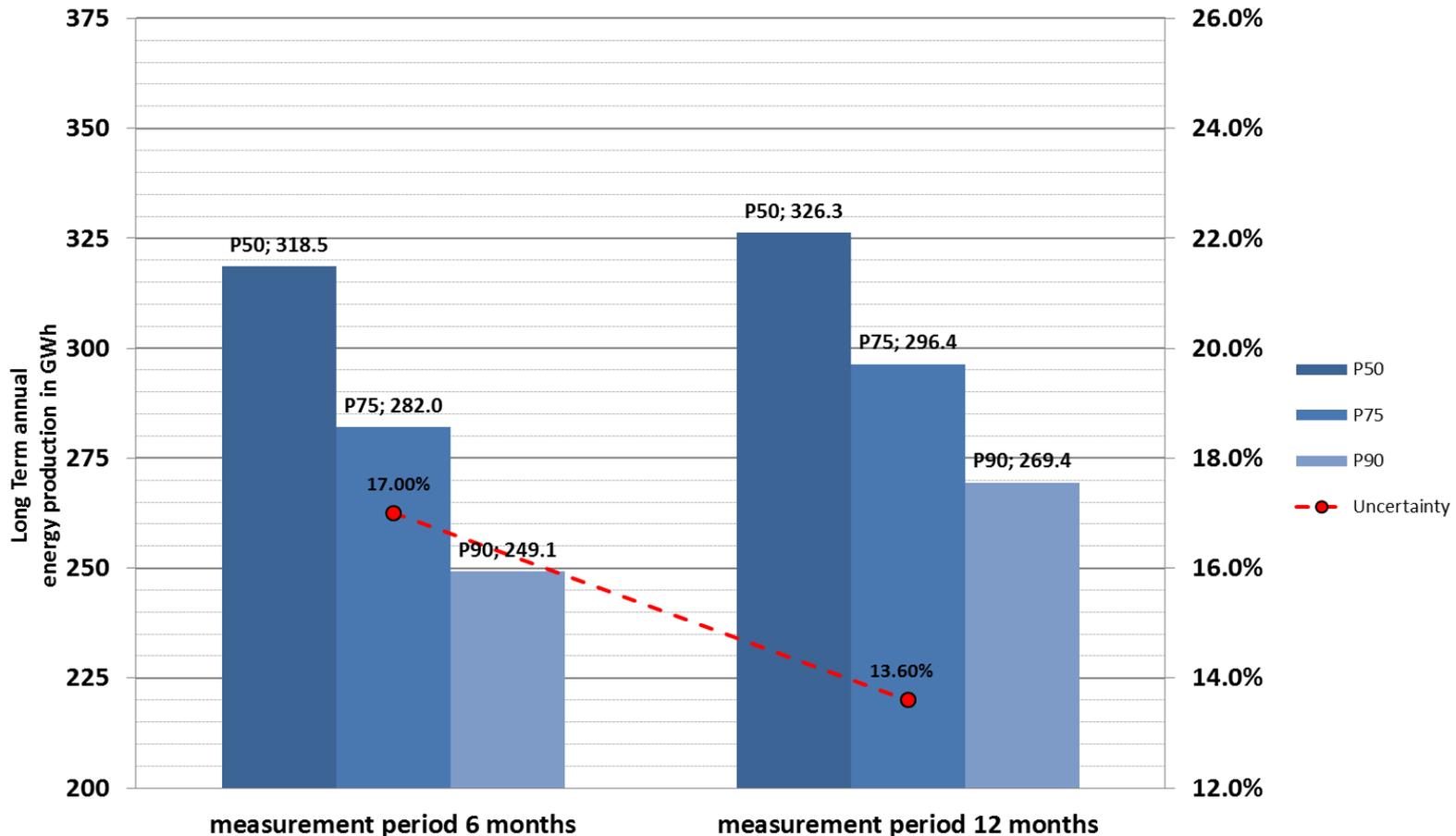
Для каждой отдельной турбины была рассчитана **долгосрочная годовая выработка электроэнергии** на основе **индивидуальных ветровых условий и плотности воздуха** на территории ВЭС

WF Nukus

Name	Converter type	Hub height [m]	Air density [kg/m <sup>3</sup> ]	Gross energy production [MWh/a]
NK1			1.172	10'801
NK2			1.172	10'605
NK3			1.172	10'334
NK4			1.173	10'312
NK5			1.182	10'254
NK6			1.181	10'101
NK7			1.178	9'982
NK8			1.174	10'033
NK9			1.174	10'023
NK10			1.178	9'882

Воздействие спутной струи (сокращение выработки электроэнергии из-за турбулентностей, вызванных окружающими ветрогенераторами) было рассчитано и вычтено из общей суммы

### Annual energy production in GWh of 100 MW wind farm NUKUS based on 6 and 12 months measurement





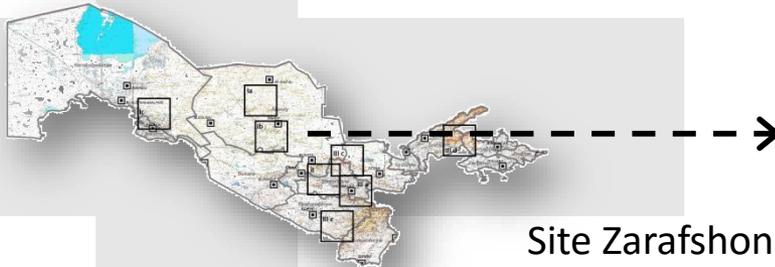
# 100MW wind farm ZARAFSHON



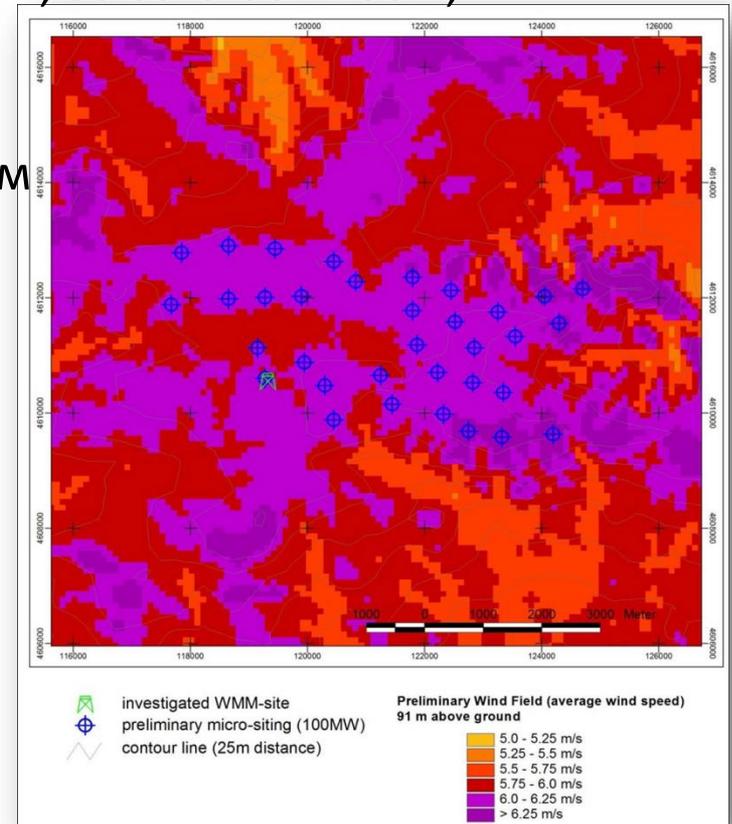
Для **генерального плана ВЭС** был выбран **отраслевой стандартный** ветрогенератор (ротор 100 м, высота оси 100м, генератор 3МВт)



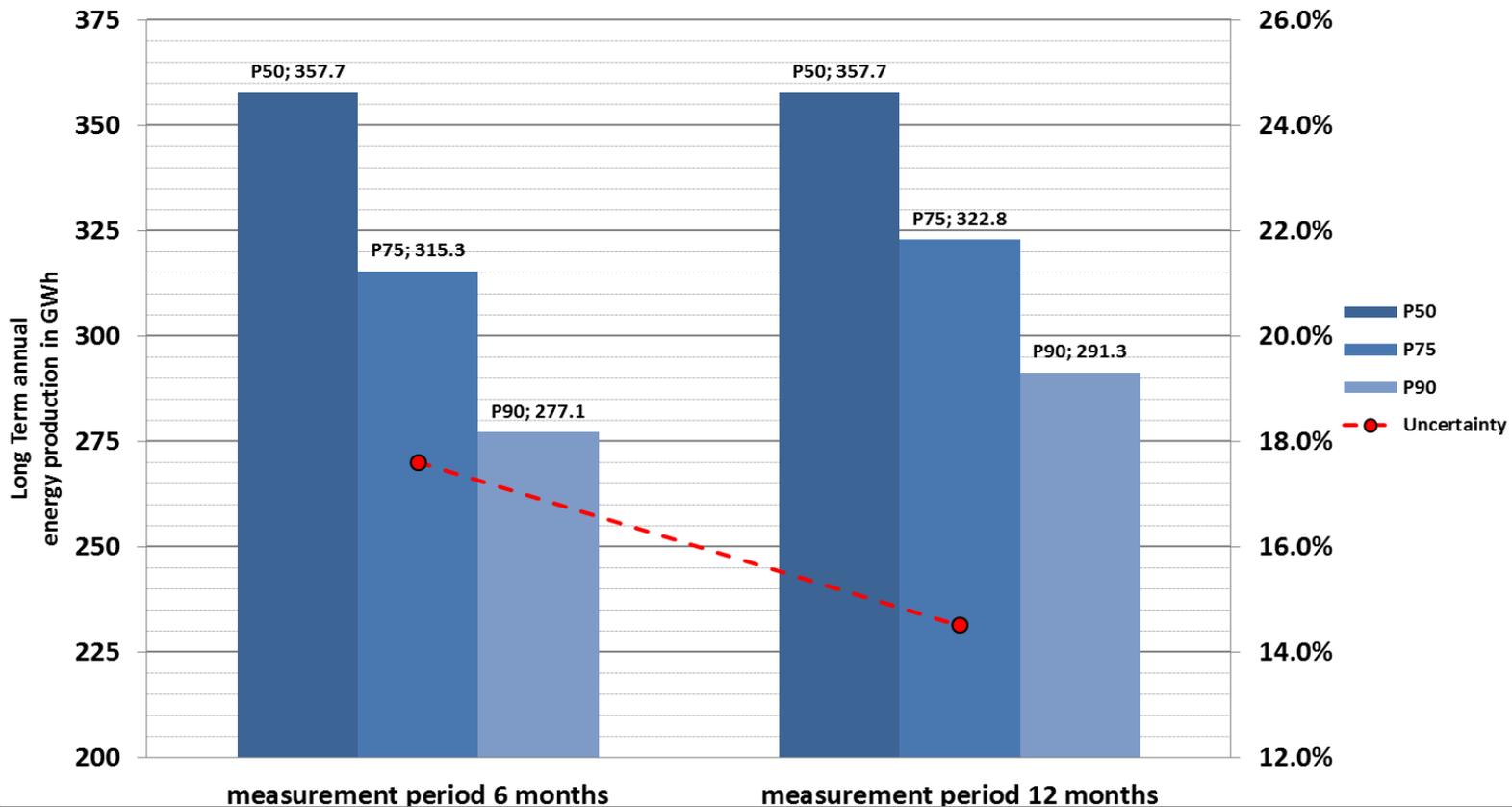
На основе моделирования с разрешением 100м был разработан генеральный план ВЭС общей мощностью 100 МВт



Site Zarafshon



## Annual energy production in GWh of 100 MW wind farm ZARAFSHON based on 6 and 12 months measurement



## Общий обзор

	НУКУС	ЗАРАФШАН
Планируемая мощность	100 МВт	100 МВт
Годовая выработка энергии	326 ГВтч	358 ГВтч
Объем часов с полной нагрузкой	3260	3580
Коэффициент производительности	37,2 %	40,1 %
Целесообразная мощность с имеющимися измерениями	<b>XX МВт → подлежит выполнению</b>	<b>XX МВт → подлежит выполнению</b>
Целесообразная мощность с дополнительными измерениями	<b>XX МВт → подлежит выполнению</b>	<b>XX МВт → подлежит выполнению</b>

## + Выводы

- ✓ Узбекистан имеет огромный потенциал для развития ветроэлектростанций
- ✓ Выбранные участки ВЭС имеют **очень хороший ветровой потенциал** (Нукус - 7,6 м/с, Зарафшан - 7,9 м/с на высоте 85м), намного превосходящий большинство участков в Германии
- ✓ Участки совмещают в себе хороший ветровой потенциал, огромные, свободные площади и возможности подключения к электросети

## Благодарю за внимание

---

**Йоханнес Беккер**

[becker@geo-net.de](mailto:becker@geo-net.de)

[www.geo-net.de](http://www.geo-net.de)

GEO-NET Umweltconsulting GmbH  
Große Pfahlstraße 5a  
30161 Hannover  
Германия

