2-8-2021
Versie 2 van 2

EINDRAPPORTAGE ZONNE-ENERGIE RONDOM DATACENTER ZEEWOLDE

DR. L.H. SLOOFF-HOEK

OPDRACHT
DATACENTER ZEEWOLDE

Onderzoeksvraag:

- Rapportage en aanbevelingen in powerpointformaat.
- Voorbeelden van datacenters en vergelijkbare gebouwen/bedrijven in combinatie met duurzame energieopwekking worden onderzocht.
- Op basis van de informatie over de locatie en afmetingen van het gebouw en locatie van luchtinlaten kan een inschatting worden gemaakt van de mogelijkheden (aantal panelen en energieopbrengst) voor zonnepanelen op dak en/of gevel.

VOORBEELDEN VAN DATACENTERS

- Quick scan laat zien dat er niet of nauwelijks zonnepanelen op datacentra te vinden zijn.
- De reden is niet duidelijk maar een aantal veronderstellingen worden gevonden:
  - Beperkt oppervlak doordat veel ruimte in beslag wordt genomen door technische installaties
  - De hoeveelheid opgewekte energie valt in het niet bij het verbruik van het datacentrum
  - Daarom wordt er veelal gekozen om duurzame energie te betrekken uit een nabij gelegen (nog te ontwikkelen) zonnepark

The roof of a Google data center in Singapore

VOORBEELDEN VAN DATACENTERS

Dataplace- Arnhem

DATACENTER FOTO'S - DUTCH DATA CENTER ASSOCIATION (DUTCHDATACENTERS.NL)

VOORBEELDEN VAN DATACENTERS

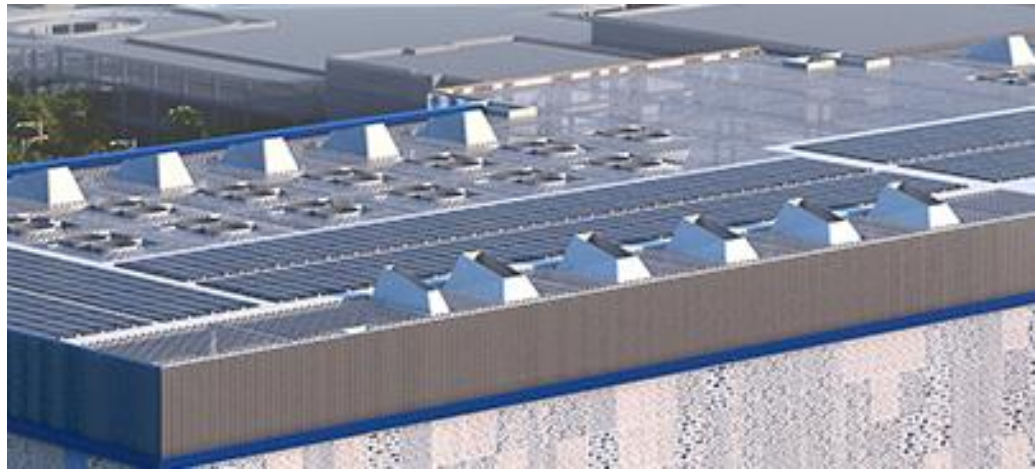
Interconnect- Eindhoven

DATACENTER FOTO'S - DUTCH DATA CENTER ASSOCIATION (DUTCHDATACENTERS.NL)

VOORBEELDEN VAN DATACENTERS

RETHINKING DATA CENTER DESIGN FOR SINGAPORE - FACEBOOK ENGINEERING (FB.COM)

In addition, we are now working with another developer to add a solar array on the roof of the data center, a first for our custom-built data centers. The output of the rooftop array will be small compared to the needs of the data center but helps leverage all available resources to keep our impact as small as possible.



VOORBEELDEN VAN DATACENTERS

Data Centers and Solar Panels (arcgis.com)

After seeing all of the data centers and the amount of energy they can produce through the use of solar panels, which use a renewable energy source, they could contribute a decent amount to lower the energy need for the data centers. Now, it wouldn't be able to power the whole center, but could still serve as an energy supplier. The energy produced by the solar panels could be used to power some of the cooling system specifically.

- Op deze site wordt op basis van dakoppervlak een inschatting gemaakt van het beschikbare oppevlak voor zonne-energie en de hoeveelheid opgewekte energie.
- Er wordt geen rekening gehouden met beperkende randvoorwaarden zoals o.a.: draagvermogen dak, wet- en regelgeving die de plaatsing belemmeren.
- Maar het toont aan wat er mogelijk zou kunnen zijn als we deze belemmering kunnen wegwerken.

VOORBEELDEN VAN ANDERE GROTE DAKEN

Bron: Kieszon ; aardgasloos distributiecentrum in Tilburg

VOORBEELDEN VAN ANDERE GROTE DAKEN

Bron: Hyet Solar

ENERGIE-OPWEKKENDE GEVELS
VOORBEELDEN UIT BUITENLAND

Van simpel met standaard panelen tot design met gekleurde panelen

ENERGIE-OPWEKKENDE GEVELS
VOORBEELDEN UIT NL

Bron: TNO, Bunnik

Bron: Eigenenergie en NBArchitecten, Best

Bron: ZigZagSolar

Bron: Studio Solarix en Kameleon Solar, Helmond

TNO innovation for life

DATACENTER ZEEWOLDE

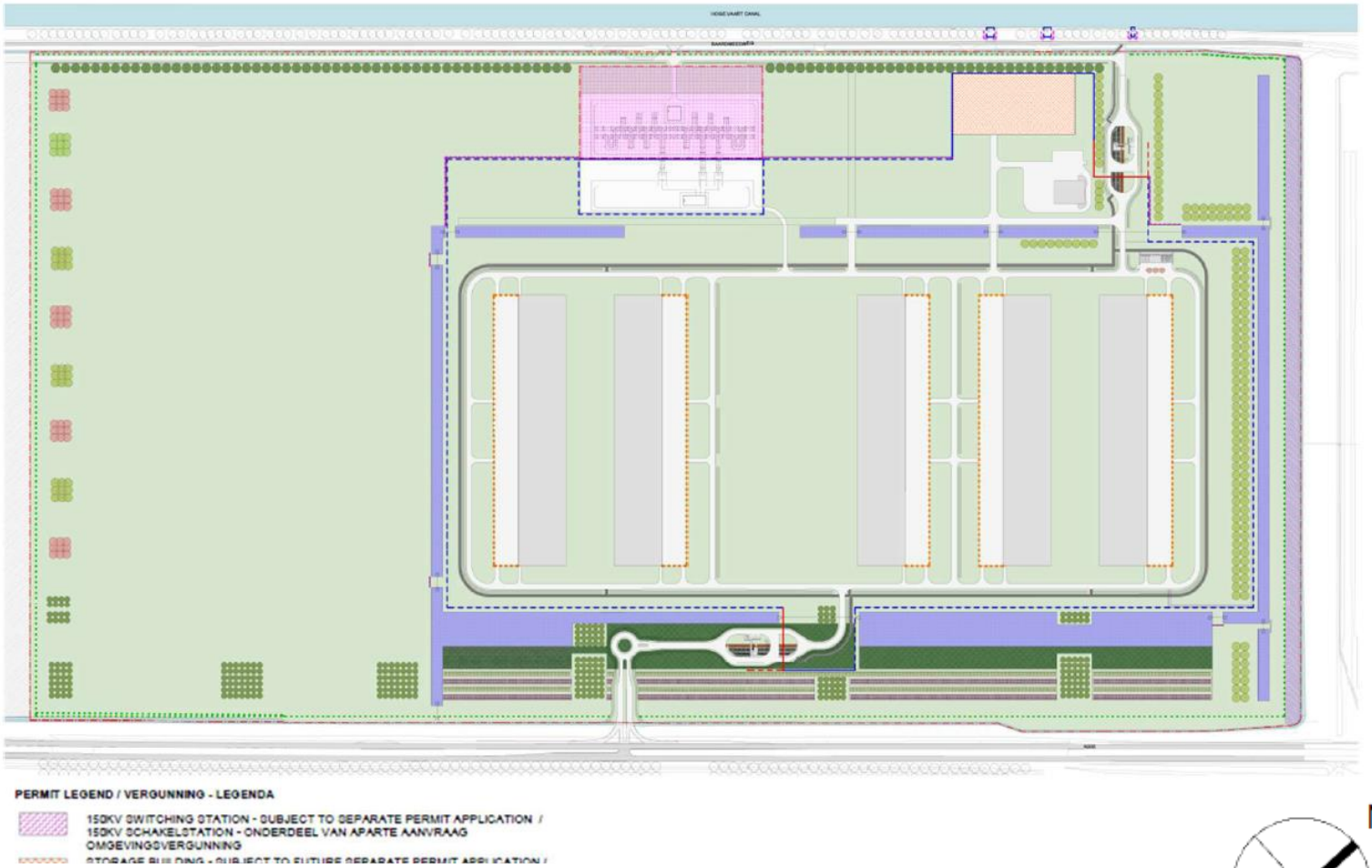
Energieverbruik per jaar 1380 GWh

GEPLANDE INDELING VAN HET TERREIN

Vanuit cultuurhistorische en landschappelijke overwegingen is er door de gemeente gekozen om de bebouwing aan te laten sluiten bij de rechthoekige lijnen van het polderlandschap.

Voor opwekking van zonne-energie zou het beter zijn om de lijnen N-Z te laten lopen. Dan kunnen de rijen met zonnepanelen N-Z of O-W lopen zonder dat er hoeken vrij moeten blijven

In dit verslag gaan we echter uit van de gekozen oriëntatie.



Bron: mer_trekkersveld_deel_A_inclusief_bijlagen

LOCATIES VOOR ZONNE-ENERGIE

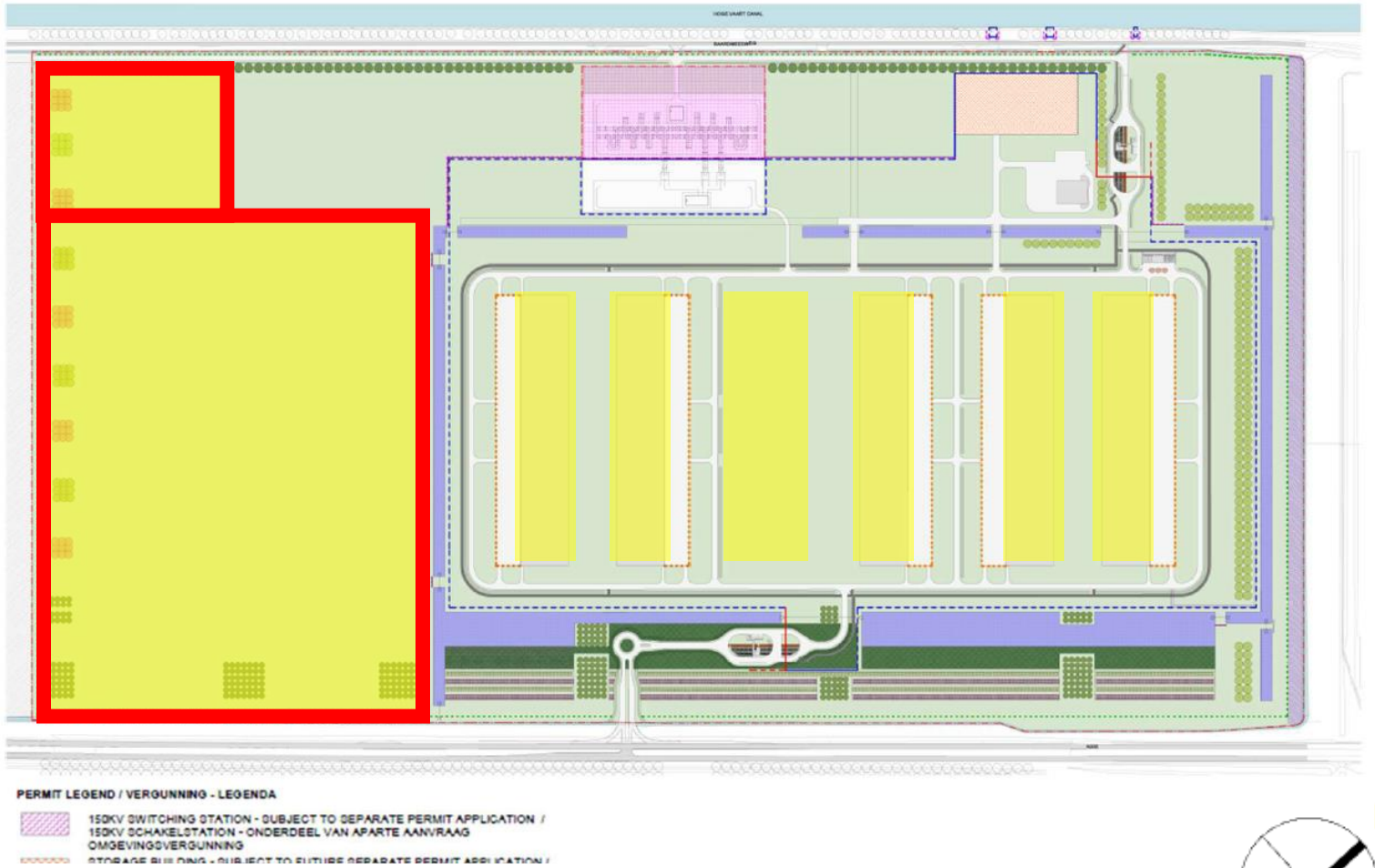
De gele vlakken zijn in principe geschikt voor de opwekking van zonne-energie.

Met name het grote vlak links.
Hier kan een grondgebonden zonnepark worden gerealiseerd.

Oppervlak: 30.8 ha volgens Arcadis

Gedurende de bouw bestemd als opslag voor de bouw en afgegraven grond.
Daarna zeer geschikt.
Mogelijk kan het tijdens de bouw in fasen beschikbaar worden gemaakt.
Beperkte schaduw.

Daarbij kan er gekozen worden tussen:
- Park met focus op hoge energieopbrengst:
- Park met aanzienlijke energieopbrengst en tevens ruimte voor ecologie



Bron: mer_trekkersveld_deel_A_inclusief_bijlagen

OPPERVLAKKEN

Arcadis heeft de oppervlakken aangedragen en de afmeting van de databars. Op basis hiervan hebben we de andere benodigde afmetingen bepaald. Op wat details na komen die aardig overeen. Zie hieronder:

oppervlak (ha)	grote veld	kleine veld	daken administratie
Arcadis	30.8	5	0.1510
TNO	29.0	4.9	0.1542

Van de dakoppervlakken heeft Arcadis aangegeven dat de daken van de databars ca 11000 m2 oppervlak voor zonne-energie hebben. De andere daken zouden niet geschikt zijn en zijn dus niet meegenomen in onze berekeningen

dakoppervlak	kantoren	opslaggebouw	waterzuiveringsinstallatie	transpportpaviljoen	databars
Arcadis	4000	4760	1308.0	910	11000
TNO	0	0	0	0	11002

OPPERVLAKKEN

Voor de gevels zijn we uitgegaan van de databars en administratie gebouwen. Voor de overige gebouwen hebben we geen informatie en die lijken allemaal ten noorden van de databars te staan en daardoor ook minder geschikt voor zonnepanelen op de gevels.

geveloppervlak	kantoorgebouw 1	kantoorgebouw 2	waterzuivering	transpportpaviljoen	datagebouw 1 en 2 incl admin gebouw	datagebouw 3 incl admin gebouw	datagebouw 5 en 6 incl admin gebouw
Arcadis	141	141	1007.0	206	12240	9960	12240
TNO	0	0	0	0	6551	5576	6551

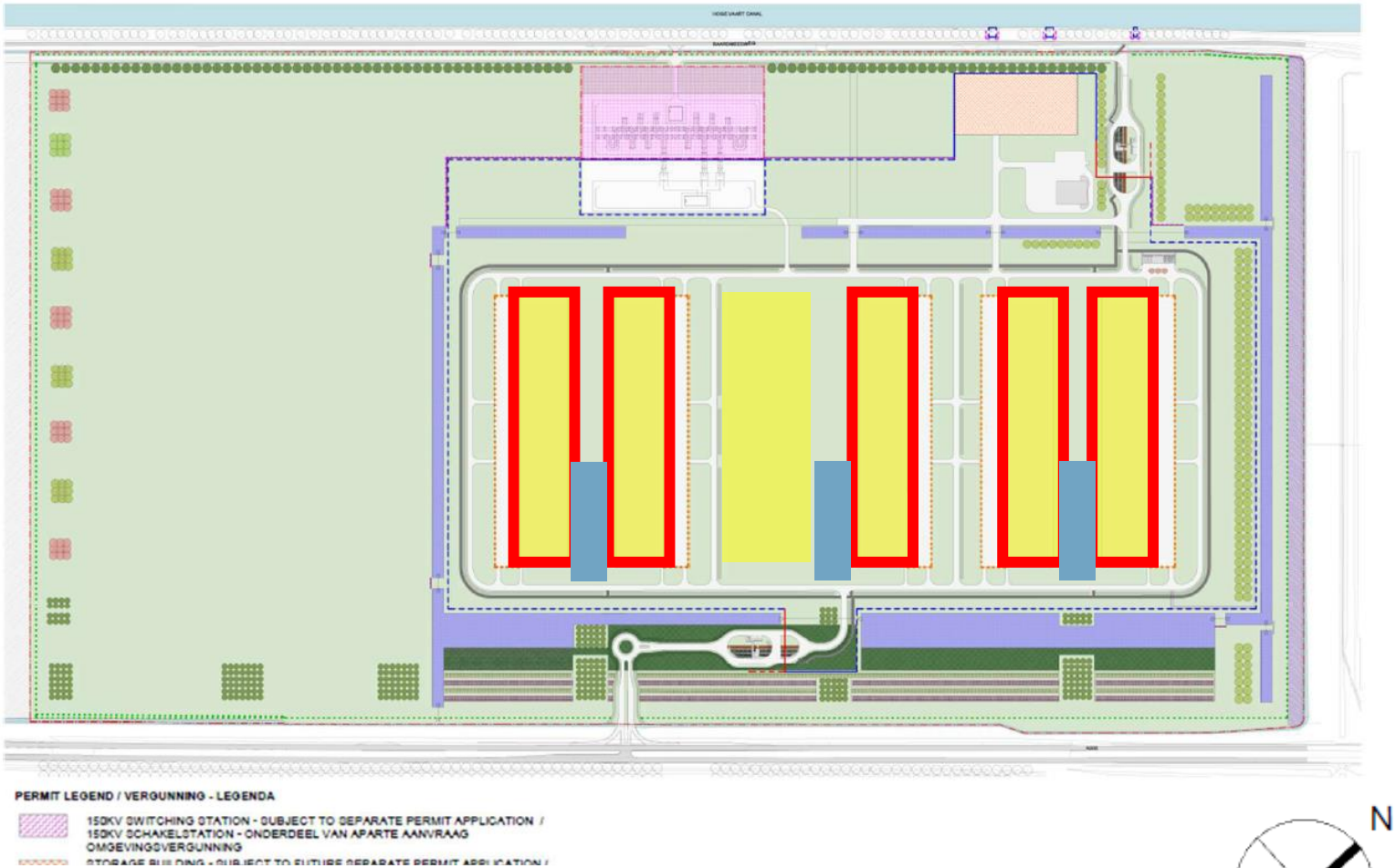
TNO is van een veel lager geveloppervlak uitgegaan. Reden is dat wij alleen de zuidelijke kant van de binnenzijde van de databars hebben gebruikt (de hoge gevel) omdat de andere gevels schaduw ondervinden van gebouwen in het midden tussen de databars of van technische installaties op het lage dak en de grond.

LOCATIES VOOR ZONNE-ENERGIE

De daken van de databars zijn mooi schaduwvrij van andere bebouwing en zijn in principe geschikt voor zonnepanelen.

Tips:

- Onderzoeken of een sedum dak met zonnepanelen een optie is. Dit zou een verkoelende werking kunnen hebben en bij de juiste keuze ook de ecologie kunnen bevorderen. Zie ook bijlage A

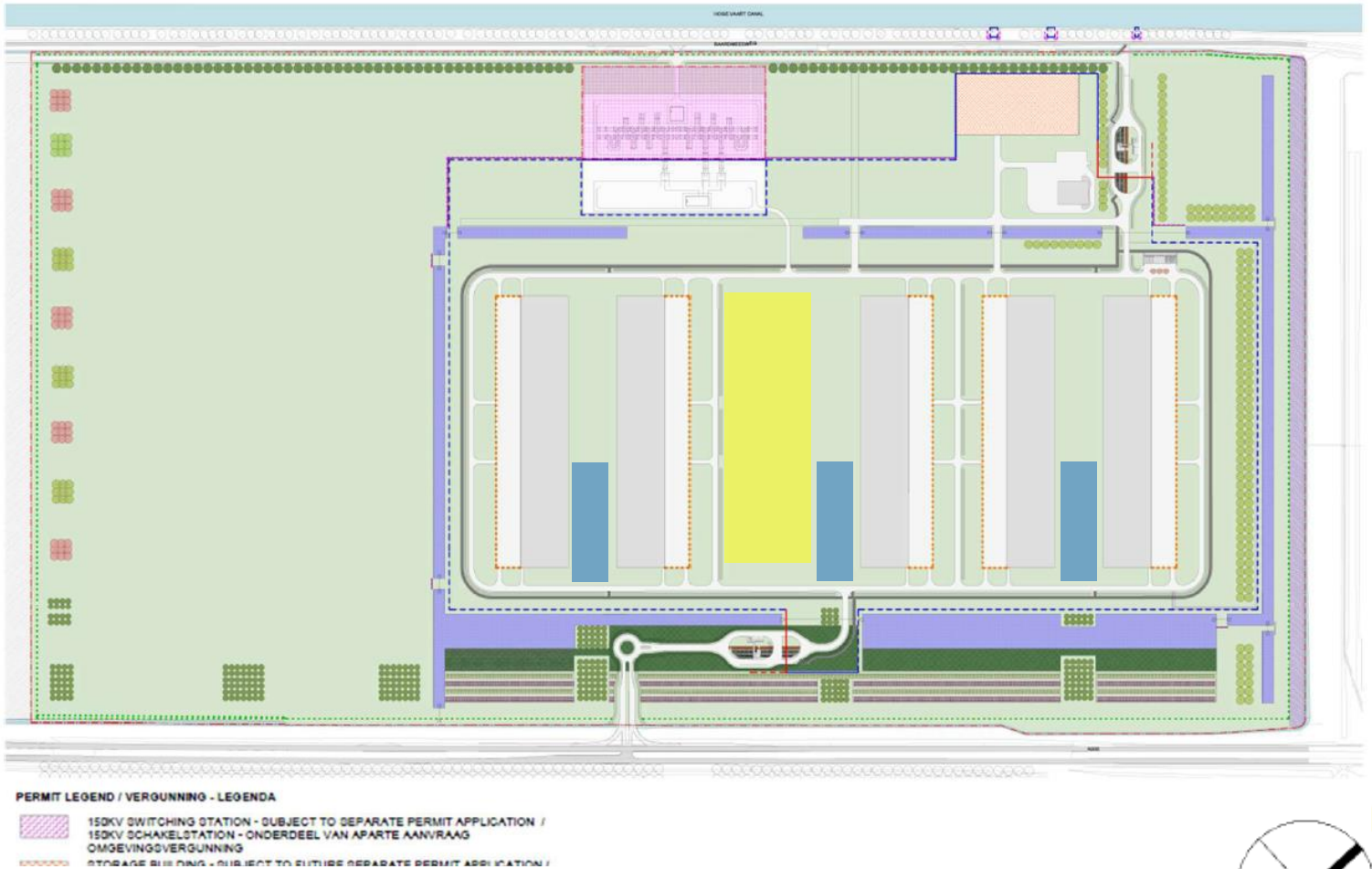


Bron: mer_trekkersveld_deel_A_inclusief_bijlagen

LOCATIES VOOR ZONNE-ENERGIE

Groot veld tussen de databars is ook geschikt. Een deel wordt in beslag genomen door een parkeerplaats (blauwe vlakken).
Het gele vlak is geschikt voor zonnepanelen.

De parkeerplaatsen zelf hebben we niet meegenomen. We schatten op basis van de tekeningen in dat een NE-ZW oriëntatie op deze plek onvoldoende energie opwekt. Mogelijk kan ZO wel interessant zijn, maar dat is sterk afhankelijk van de inrichting van de parkeervlakken. Als de rijstroken haaks op de databars staan zou een overkapping misschien nog voldoende opleveren. Berekeningen met schaduwwerking zouden dan noodzakelijk zijn.



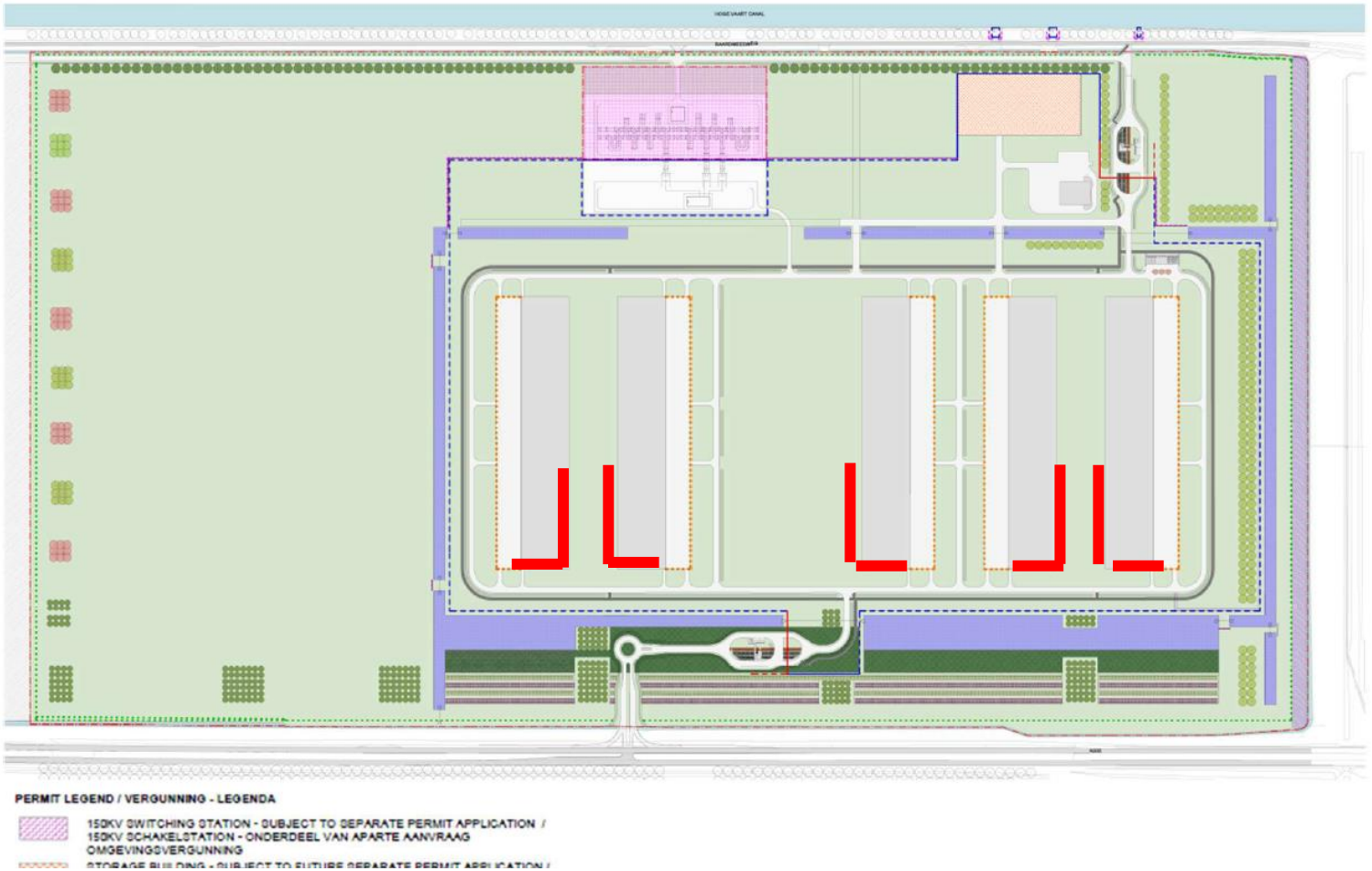
Bron: mer_trekkersveld_deel_A_inclusief_bijlagen

LOCATIES VOOR ZONNE-ENERGIE

Gevels

Door bebouwing in het midden van de databars is het alleen zinvol om het zuidelijke deel van de gevels te gebruiken voor zonnepanelen (rode strepen in figuur).

Het zou mooi geweest zijn als er vanuit het ontwerp al rekening gehouden was met zonnepanelen en de bebouwing zo ver mogelijk naar of zelfs aan de noordzijde was gepland



GEBOUWEN

Artist impression van de databars

- Databars hebben een korte vlakke gevel op Z-W die vrijwel schaduwloos is en daardoor geschikt voor zonnepanelen
- De lange gevels hebben aan een kant een laag deel waar generatoren voor staan en die kant is daarom niet geschikt

Bron: mer_trekkersveld_deel_A_inclusief_bijlagen

GEBOUWEN

Artist impression van de databars

- De lange hoge gevels bieden een groot oppervlak voor zonnepanelen. Echter moet hier rekening gehouden worden met:
  - Beschaduwing van naastgelegen databar
  - Eventuele ramen/roosters etc. Deze detail informatie was niet beschikbaar

Bron: mer_trekkersveld_deel_A_inclusief_bijlagen

OVERZICHT

OPBRENGST BEREKENINGEN PV

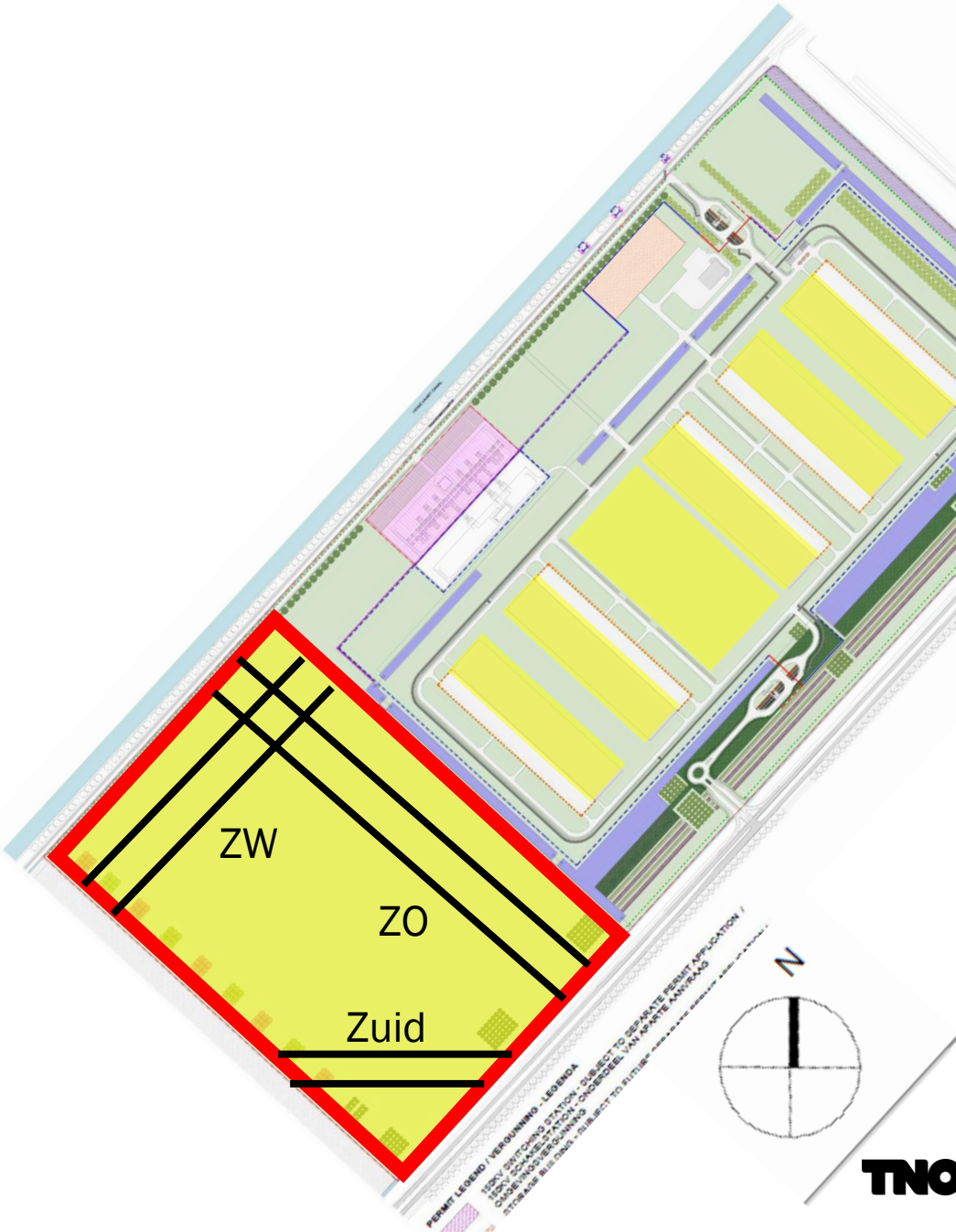
Hiervoor is ons gedetailleerde rekenmodel BigEye gebruikt

- Beschaduwing van omliggende gebouwen wordt meegenomen, m.u.v. het grote veld en kleine veld. We hebben voor het kleine veld een snelle check gedaan om te zien of schaduw een effect zou hebben, maar de gebouwen zijn niet erg hoog en staan op 60-80m afstand en hebben daardoor nauwelijks effect.

- PV modules:
  - 410.7 Wp vermogen
  - 1mx2m

- Oriëntaties:
  - Voor het grote veld: 3 oriëntaties doorgerekend
    - Zuid, ZO en ZW, voorbeeldlijnen voor elk staat in figuur hiernaast (let wel berekening gaat uit van 1 oriëntatie ver het gehele veld)
  - Voor de daken een constructie met afwisselend een rij ZO-NW-ZO-NW enz. of juist ZW-NO-ZW-NO enz. Deze volgen de dak oriëntatie.
  - Tilt: $11{,}5^{0}$
  - 3 panelen in portret (korte kant onder)
  - Pitch 8,6m (afstand tussen de voorkant van opeenvolgende rijen)

- De genoemde opbrengsten zijn DC opbrengsten. Dit wil zeggen dat kabelverliezen en verliezen in de omvormer niet zijn meegenomen. Die worden geschat op ca 5%.



OPBRENGST BEREKENINGEN

OPEN VELD

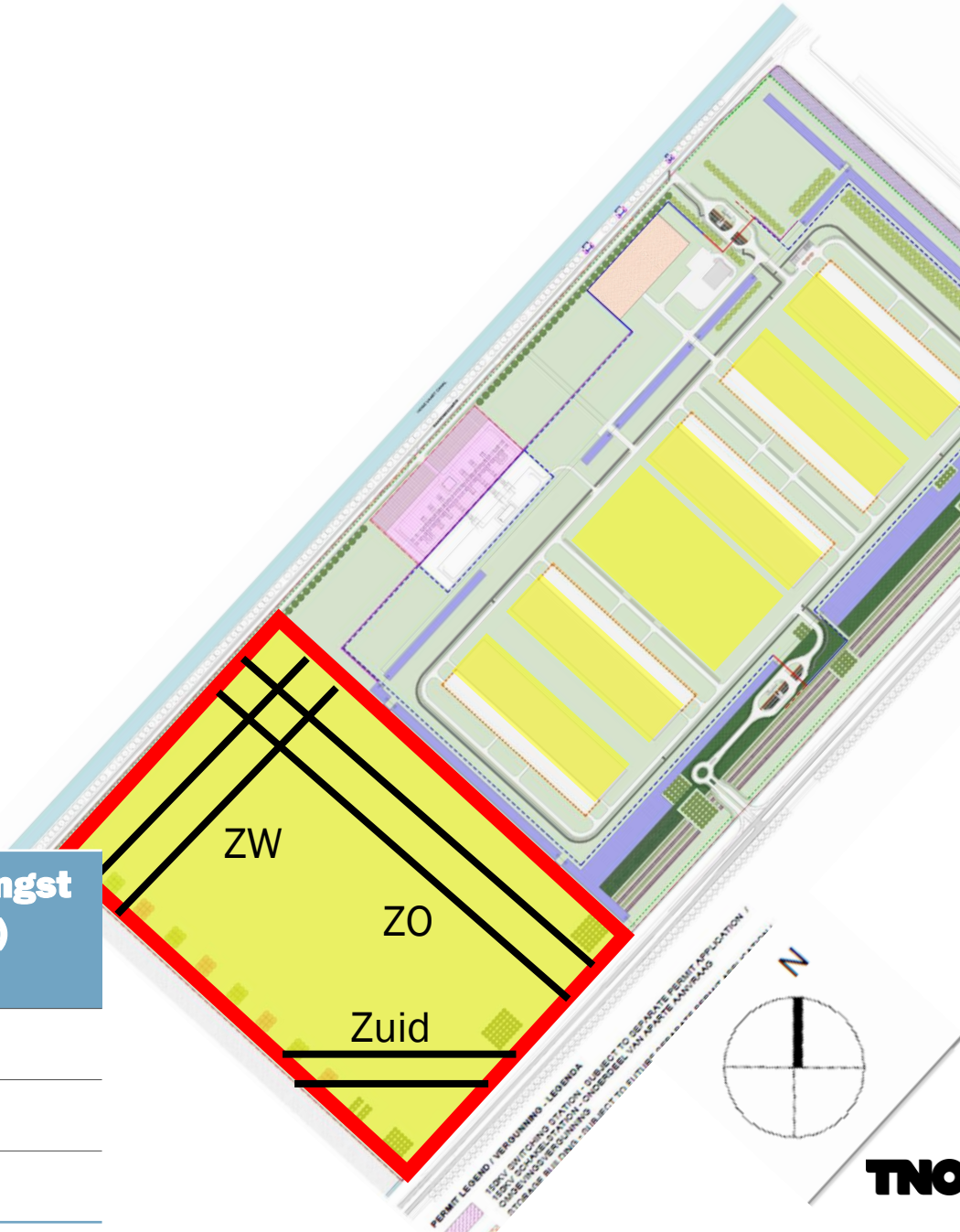
Aannames:

- Randen van het veld 15 m strook vrijgelaten
- Monofacial modules. Enkelzijdig licht omzettend. Kan ook van twee kanten (bifacial). Levert iets meer op, maar is ook duurder
- Bij Zuid oriëntatie vallen de panelen op sommige plekken net over deze stroken zodat het aantal panelen voor die oriëntatie iets hoger is

Tip: leg biodiversiteit wal aan om veld. Dan liggen de panelen niet in het zicht.

* Dubbelzijdig (bifacial licht omzettend)

Oriëntatie	Aantal panelen in veld	Geïnstalleerd vermogen (MWp)	Opbrengst kWh/kWp	Jaaropbrengst (GWh/jaar)
Zuid	95933	39.4	923 (956)*	36,37 (37)
Zuid-West	93030	38.2	897	34,27
Zuid-Oost	93450	38.4	895	34,35



GROTE VELD EN ECOLOGIE

- De hier gebruikte opstelling is niet optimaal als het gaat om ecologie
- 3 portrait panelen boven elkaar is altijd minder goed dan 6 liggende panelen. Dit komt door de lokale bewatering tussen de panelen die beter verdeeld is bij de liggende panelen
- Een kortere tafel (4m ipv 6m) met een naar verhouding ook korter afstand tussen de rijen geeft wat meer licht onder de panelen, maar minder in de opening. Dus een wat betere verdeling van het licht. Dit is in eerste orde opbrengst neutraal.
- BIFACIAL zorgt voor meer licht onder de panelen omdat het ook tussen de zonnecellen in door het paneel komt. Dit kost ca 1-2 eurocent meer per Wp, maar levert
    a) meer kWh op dan monofacial en
    b) geeft 2x tot 4x zoveel licht op de ondergrond
- Combinaties van minder dekking, kleinere tafels, bifacial en landscape geven de beste bewatering en het meeste licht onder de panelen.

GROTE VELD EN ECOLOGIE

- Effect van een variant die beter is voor de ecologie

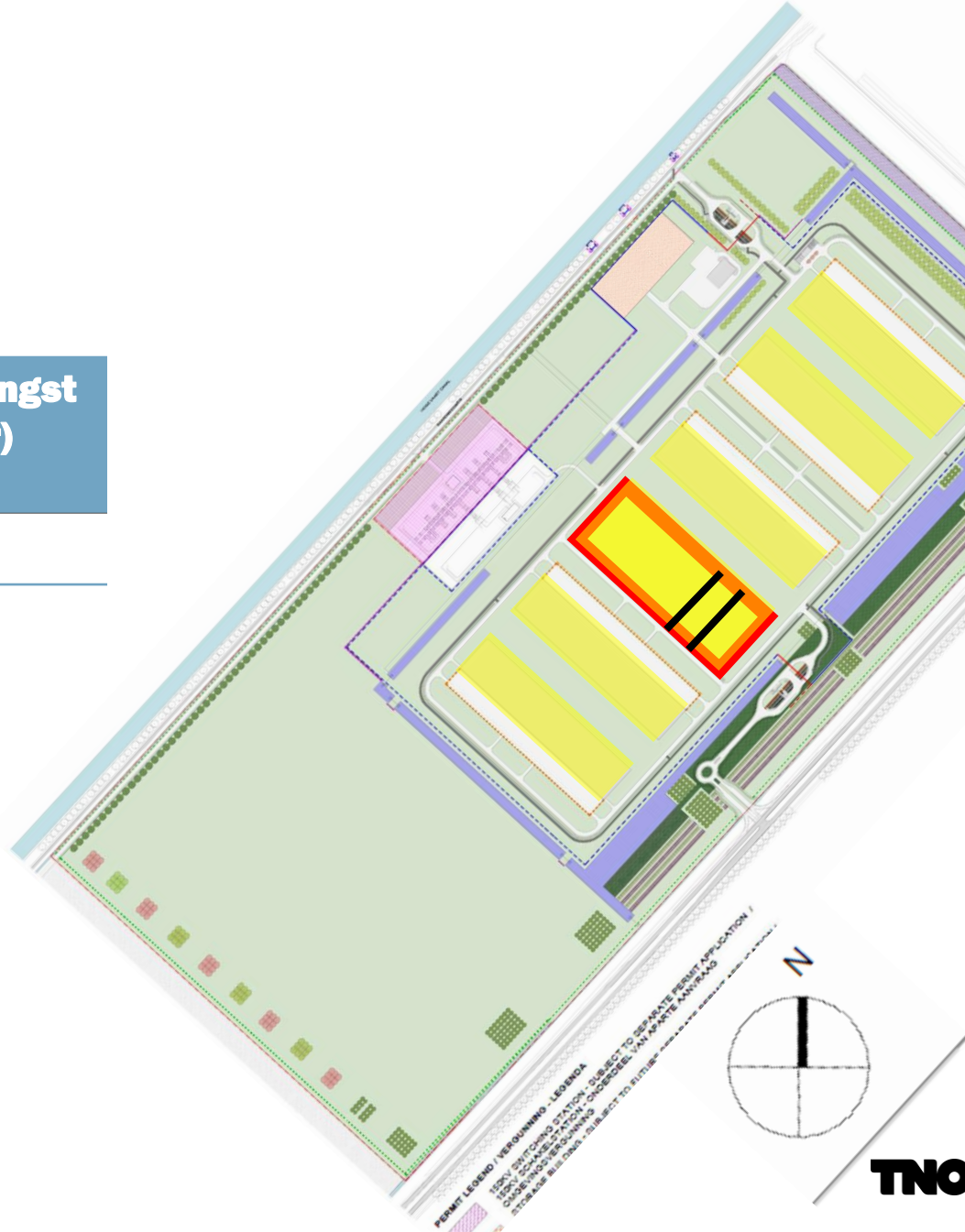
variant	Aantal panelen in veld	Geïnstalleerd vermogen (MWp)	Opbrengst kWh/kWp	Jaaropbrengst (GWh/jaar)
Zuid	95933	39.4	923	36.37
Eco versie Zuid	72386	29.7	955	28.40

OPBRENGST BEREKENINGEN
KLEINE VELD

Aannames:

- Oriëntatie is ZO gekozen (zie zwarte lijnen)

Oriëntatie	Aantal panelen in veld	Geïnstalleerd vermogen (MWp)	Opbrengst kWh/kWp	Jaaropbrengst (GWh/jaar)
Zuid-Oost	16215	6,7	895	5,96

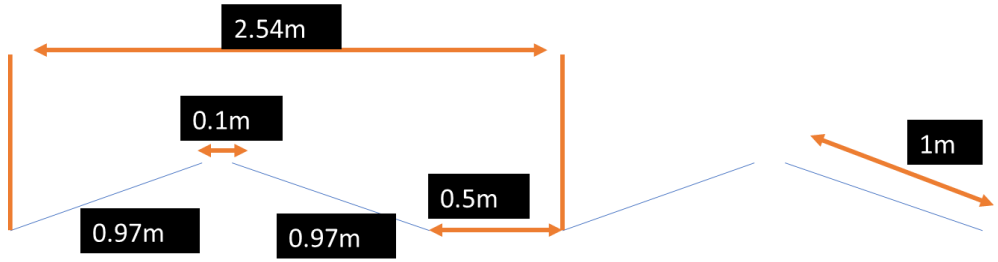


OPBRENGST BEREKENINGEN

DAKEN DATABARS EN TUSSENLIGGENDE GEBOUWEN

Aannames:

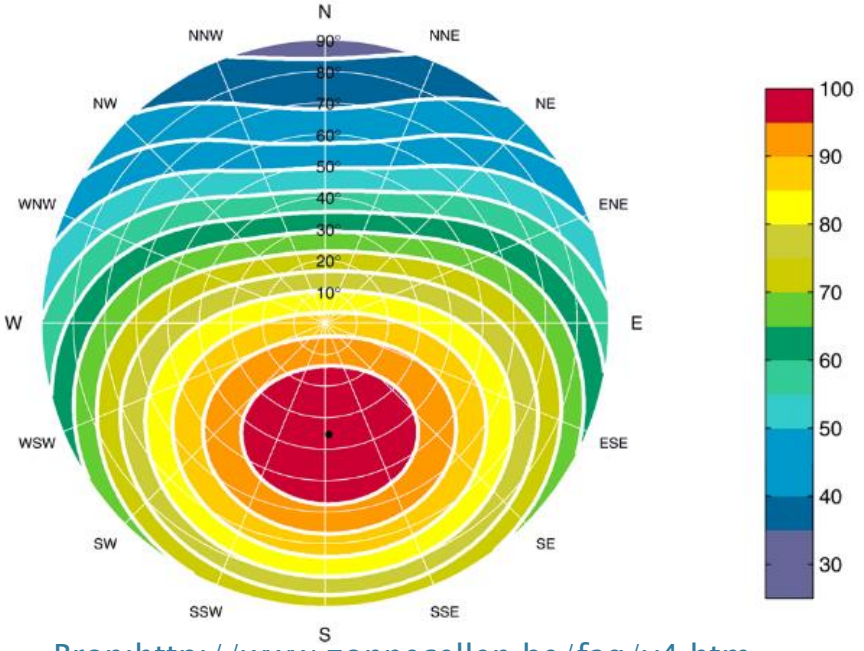
- Hier wordt een ZO/NW of ZW/NO systeem gebruikt
- Zie opstelling hiernaast (blauwe strepen zijn de panelen vanaf de zijkant gezien)
- Ook alleen ZO of ZW berekend, maar dit levert minder op.



Oriëntatie	Aantal panelen op dak	Geïnstalleerd vermogen (MWp)	Opbrengst kWh/kWp	Jaaropbrengst (GWh/jaar)
ZO-NW	19833	8,1	844	6.9
ZW-NO	18239	7,5	844	6,3

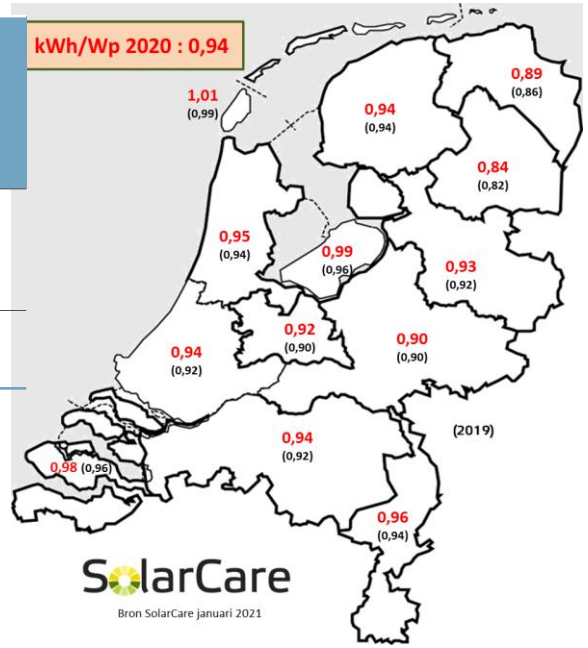
OPBRENGST BEREKENINGEN
KORTE GEVELS

Gebruikte parameters:
- Door oriëntatie 70% opbrengst tov optimaal zuid.
- Optimaal Zuid in Flevoland ca 975 kWh/kWp (gemiddelde afgelopen 2 jaar).
- Hier dus 680 kWh/kWp.
- Standaard paneel ca. 205 W/m2



Bron:http://www.zonnecellen.be/faq/v4.htm

Oriëntatie	Aantal panelen op gevel	Geïnstalleerd vermogen (kWp)	Opbrengst kWh/kWp	Jaaropbrengst (GWh/jaar)
ZW gevel verticaal	2430	1000	680	0.68

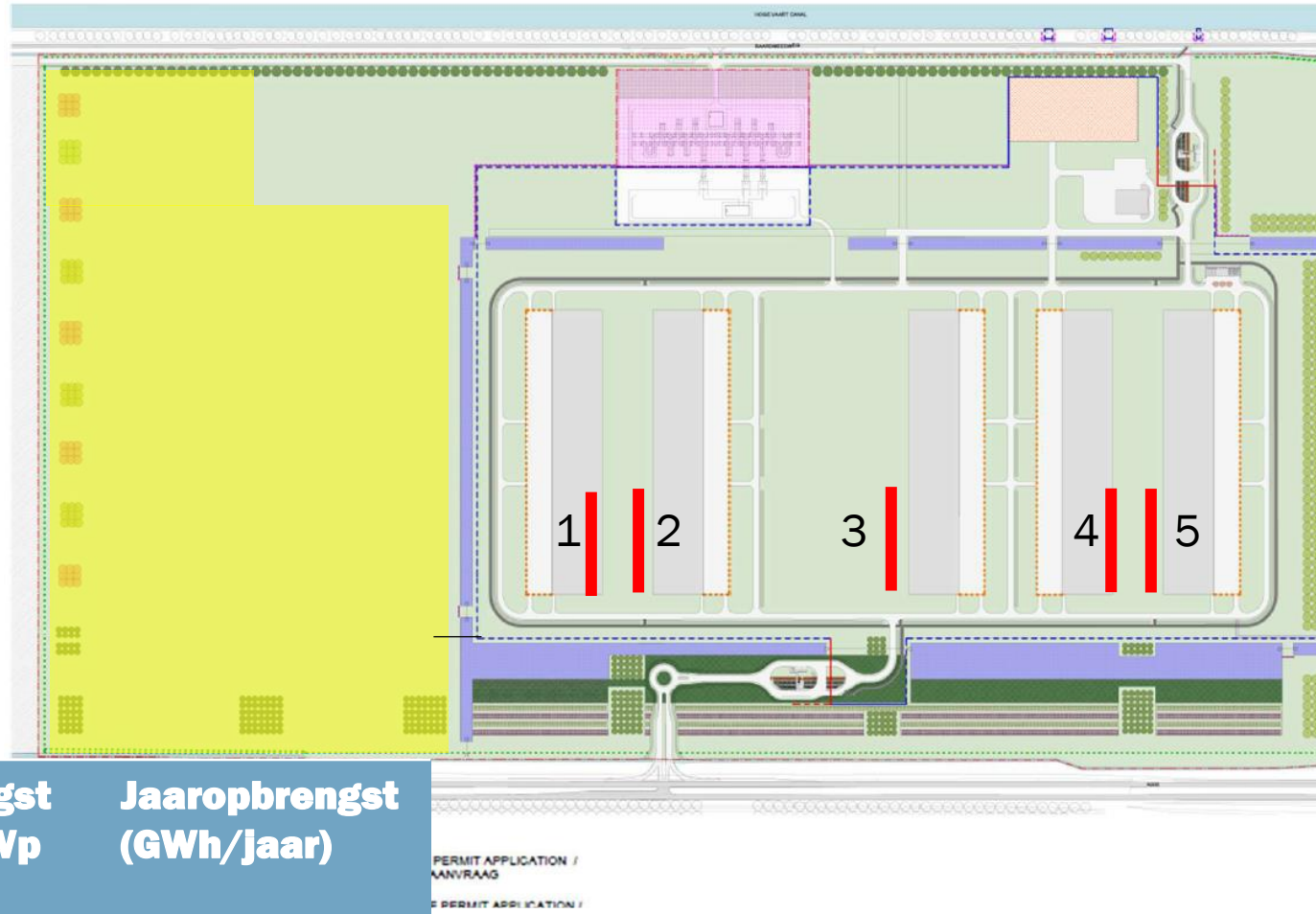


TNO innovation for life

OVERIGE GEVELS MET PV

LANGE GEVELS

909 MWh/jaar totale opbrengst



Oriëntatie	Aantal panelen op gevel	Geïnstalleerd vermogen (MWp)	Opbrengst kWh/kWp	Jaaropbrengst (GWh/jaar)
Gevel 1 & 4	690	394	243	0,096
Gevel 2 & 5	690	394	593	0,234
Gevel 3	690	394	635	0,250

OPBRENGST BEREKENINGEN

Energieverbruik per jaar 1380 GWh

	GWh/jaar
Daken	6,92
Gevels	1,59
Grote veld	36,37
Kleine veld	5,96
Totaal	**50,84**

BIJLAGE A: PV EN SEDUM DAK

Argumenten voor groene daken (al dan niet in combinatie met zonnepanelen)

- Verkoeling binnenruimte (alleen indien de bestaande dakisolatie onvoldoende is)
- Waterberging
- Vergroening stedelijk milieu/verbeterde biodiversiteit
- Langere levensduur van het dak

Aandachtspunten:

- Draagvermogen dak
- De combinate van groene daken en zonnepanelen vereist inzicht in de wederzijdse beïnvloeding van planten en PV

Zie ook:

Biosolar green roofs - combining solar panels and green roofs (livingroofs.org)

Photovoltaic-green roofs: A review of benefits, limitations, and trends - ScienceDirect

Biosolar roof gallery - green roofs and solar power (livingroofs.org)

- Alle rechten voorbehouden.
- Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.
- Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

BEDANKT VOOR
UW AANDACHT

TNO innovation for life