



Roadmap predictive maintenance
Interactieve sessie

Maintaining the Future @ Gasunie | 05-11-2025

Achtergrond

En er is dus verdiepend materiaal beschikbaar :) (wordt meegestuurd)

2013-2020 Ph.D., Tilburg University

Lessons learned: Het implementeren en opschalen van condition-based maintenance

Condition-Based Maintenance Maturity Model (asset owners)

2020 Whitepaper

The business case for predictive maintenance

2020-2023 Kennisproduct WCM SAMEN

Stappenplan predictive maintenance (asset owners, service providers & OEMs)

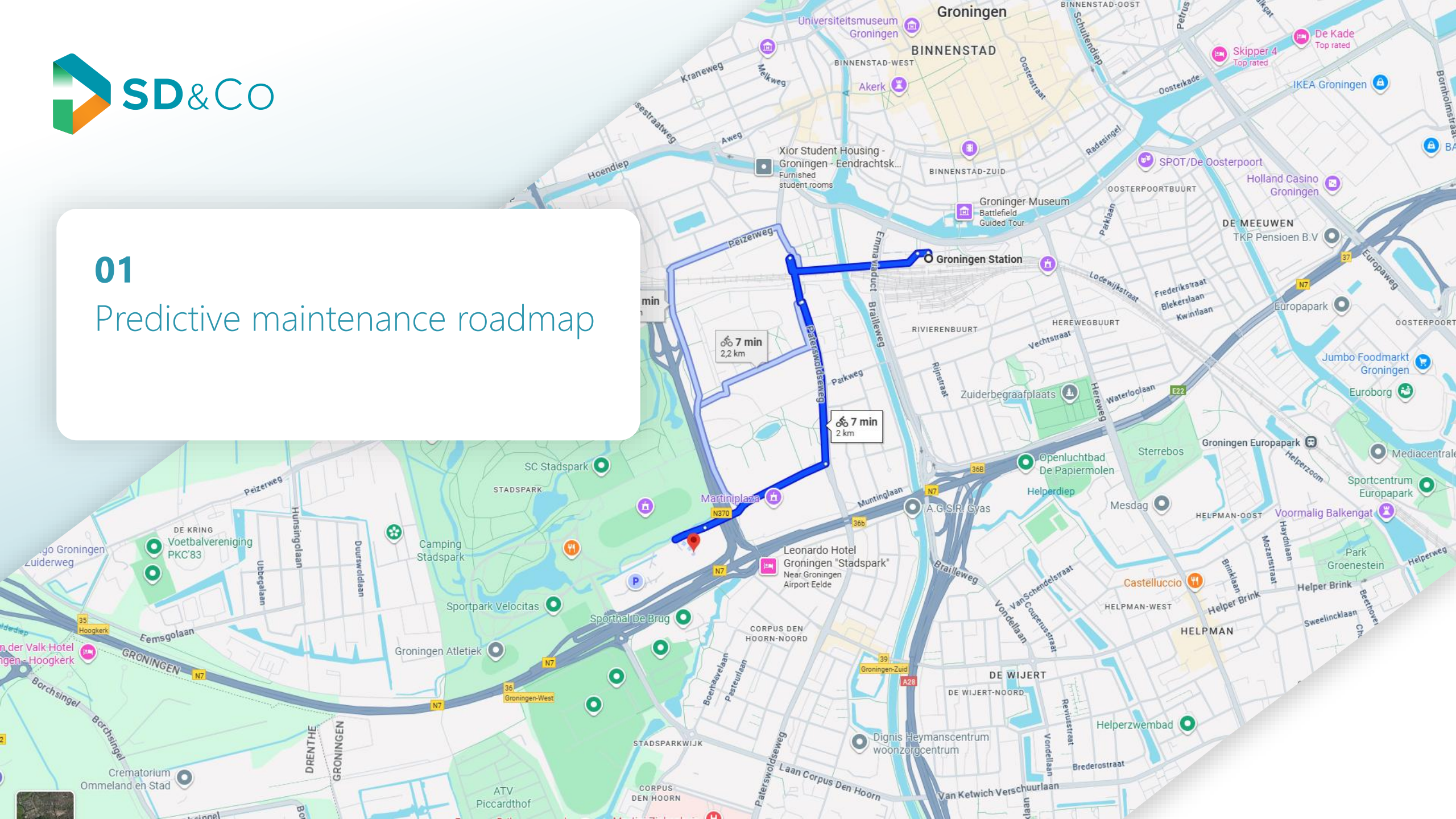
2024-2025 Simulatie Gasunie

When green hydrogen goes in the red: How operations management challenges can demolish energy transition business cases (artikel wordt momenteel geschreven)



01

Predictive maintenance roadmap



Interactieve sessie: Oefenronde

Stel, u gaat als organisatie aan de slag met predictive maintenance. Waar begint u dan?

Arm omhoog

Met het bepalen van een visie van hoe het eruitziet als wij predictive maintenance optimaal inzetten binnen onze organisatie

Armen omlaag

Met een pilot

*Wij hebben als **asset owner** predictive maintenance maturity bereikt als ...*

Arm omhoog

Wij bij al onze assets voorspellen wanneer deze gaan falen

Armen omlaag

Wij predictive maintenance optimaal inzetten om de behaalde waarde uit de assets te verhogen

Interactieve sessie

De eindbestemming

CBM Maturity Model Voor asset owners in de procesindustrie

		versie 2.3 (25-03-2020)				
		1 Geen CBM	2 Reactief CBM	3 Gepland CBM	4 Proactief CBM	5 World Class CBM
Omschrijving		CBM wordt niet gebruikt	CBM wordt ad hoc gebruikt om te anticiperen op storingen	CBM wordt structureel en planmatig gebruikt om de efficiëntie van onderhoud te verhogen	CBM wordt proactief gebruikt om de betrouwbaarheid en productiviteit van assets te verhogen (reliability perspective)	CBM wordt optimaal gebruikt om de behaalde waarde uit assets te verhogen (asset management perspective)
Waarde		Geen waarde	Lagere onderhoudskosten door het voorkomen van storingen	Lagere onderhoudskosten door minder correctief onderhoud en beter voorbereid onderhoud	Hogere omzet uit productie door hogere OEE en lanceerbaarheid en lagere onderhoudskosten door hogere betrouwbaarheid	Hogere RDA en lagere TCO door het verminderen van buffers en het optimaliseren van het gebruik van de assets
Technologie	CM technologieën	Er worden geen CM technieken gebruikt	Makkelijk te gebruiken CM technieken worden enkel gebruikt als nader onderzoek	Makkelijk te gebruiken en makkelijk te gebruiken CM technieken worden structureel gebruikt (groen technologieniveau)	Er wordt structureel onderzoek wat de optimale combinatie van CM technieken per asset type. Hierbij wordt ook geëxpimenteernd met enkele moeilijk te ontwikkelen en moeilijk te gebruiken CM technieken	Alle succesvolle CM technieken zijn opgeschaald en worden structureel gebruikt. Er wordt blijvend geëxpimenteernd met nieuwe CM technieken
	Assets	CBM wordt op geen van de assets toegepast	Enkel de assets die vanwege andere redenen gedownload worden, maken langzaam verkeer tot nader onderzoek en CBM	CBM wordt structureel toegepast op de assets waarvoor het onderhoud efficiënter uitgevoerd kan worden	CBM wordt ook structureel toegepast op de assets waarvoor de betrouwbaarheid en/of productiviteit verhoogt kan worden	CBM wordt ook structureel toegepast op de assets waarvoor de RDA verhoogt en/of TCO verlaagd kan worden
	Data	Er worden geen analyses uitgevoerd, dus er worden geen data gebruikt	Voor het uitvoeren van de onderhoudsactiviteiten worden meer data en instrument data gebruikt (huidige meting)	Voor het uitvoeren van de onderhoudsactiviteiten worden ook financiële, onderhoudsdata en inspectie- en instrument data uit het verleden gebruikt	Voor het uitvoeren van de reliability- en risico management analyses en het ontwikkelen van CM technieken worden ook productie, productiviteit, omhooggevoerde en foutdata gebruikt	Voor het uitvoeren van de productie, inkoop, projecten en omvangsanalyses worden ook voorafdata en voorafgeplande productiviteit data en productieplanning, omvangsanalyses en marktoverzicht gebruikt
	IT-Infrastructuur	Er wordt niet gemonteerd, dus er is geen IT-Infrastructuur benodigd	Monitoring gebeurt met draagbare CM systemen	De IT-Infrastructuur maakt het ook mogelijk om de CM data op te slaan en de huidige meting te vergelijken met historische data	De IT-Infrastructuur maakt het ook mogelijk om productie, productiviteit, omhooggevoerde en foutdata te koppelen, systemen zijn geïntegreerd aan CM toepassingen en voor het structureel gebruiken hiervan	De IT-Infrastructuur is geïntegreerd, zodat het makkelijk is nieuwe CM systemen hierop aan te sluiten. De CM zowel voor het ontwikkelen van nieuwe CM toepassingen en voor het structureel gebruiken hiervan
	Organisatie	De organisatie heeft (of kan niet bezit) geen strategie, doelstellingen en KPI's op het gebied van CBM	De organisatie wil het onderhoud verbeteren, maar heeft hier nog geen concrete strategie, doelstellingen en KPI's voor	De organisatie heeft de strategie om onderhoud efficiënter uit te voeren. Onderhoudskosten is de belangrijkste KPI	De organisatie heeft de strategie om de betrouwbaarheid en productiviteit van de assets te verhogen en heeft een CM programma opgezet. De OEE, MTBF en onderhoudskosten zijn productieve product zijn de belangrijkste KPI's	De organisatie heeft de strategie om de waarde uit de assets te optimaliseren en is committé aan een CM portfolio. RDA, TCO en LCC zijn de belangrijkste KPI's
Organisatie	Strategie & doelstellingen	De organisatie heeft (of kan niet bezit) geen strategie, doelstellingen en KPI's op het gebied van CBM	De organisatie wil het onderhoud verbeteren, maar heeft hier nog geen concrete strategie, doelstellingen en KPI's voor	De organisatie heeft de strategie om onderhoud efficiënter uit te voeren. Onderhoudskosten is de belangrijkste KPI	De organisatie heeft de strategie om de betrouwbaarheid en productiviteit van de assets te verhogen en heeft een CM programma opgezet. De OEE, MTBF en onderhoudskosten zijn productieve product zijn de belangrijkste KPI's	De organisatie heeft de strategie om de waarde uit de assets te optimaliseren en is committé aan een CM portfolio. RDA, TCO en LCC zijn de belangrijkste KPI's
	Beslissingen	Er is geen informatie over de conditie van assets, dus hier worden ook geen beslissingen op genomen	De beslissingen uit het nader onderzoek worden alleen gebruikt voor het plannen van het onderhoudmoment	De periodieke informatie over de conditie van assets wordt gebruikt voor (financieel) onderhoudsbeslissingen	De hoogfrequente en gedetailleerde informatie over de conditie van assets wordt ook gebruikt voor reliability- en risico management beslissingen	De brede, hoogfrequente en gedetailleerde informatie over de huidige en toekomstige conditie van assets wordt ook gebruikt in een breed scala aan asset management beslissingen, inclusief beslissingen omtrent productie, projecten, inkoop en ontwerp van (nieuwe) assets
	Structuur	Er is geen structuur ingericht voor CBM	Nader onderzoek gebeurt door lokale onderhoudsteams en externe CM dienstverleners	Structurele monitoring gebeurt door een combinatie van lokale CM teams, centrale CM teams en externe specialistische CM dienstverleners. De CM teams werken nauw samen met maintenance engineers	Er is een centraal ingericht CM programma, dat nauw samenwerkt met de interne CM teams en externe specialistische CM dienstverleners. De CM teams werken nauw samen met reliability engineers en proces engineers	Het CM portfolio wordt centraal managed. De CM teams worden interaal samen met de interne asset management beslissingen en zijn geïntegreerd in een netwerk van maintenance, planning van assets en CM technologieën, specialistische CM dienstverleners en data science
	Budgettering & capaciteit	Er is geen budget & capaciteit beschikbaar gesteld voor CBM	Er is vooraf geen budget & capaciteit gereserveerd voor CBM, maar er wordt wel budget & capaciteit beschikbaar gesteld wanneer nodig	Er zijn jaarlijkse budgetten & capaciteiten beschikbaar gesteld voor het uitvoeren van CBM en het behouden van CBM en het behouden van CM technologieën	Er is een asset CM programma budget & capaciteit beschikbaar gesteld voor het ontwikkelen en aanpakken van nieuwe CM technologieën. De jaarlijkse budgetten & capaciteiten voor het uitvoeren van CBM, het uitvoeren van CBM en het behouden van CM technologieën zijn uitgebreid	Er zijn budgetten & capaciteit beschikbaar voor het ontwikkelen en aanpakken van nieuwe CM technologieën. De jaarlijkse budgetten & capaciteiten voor het uitvoeren van CBM, het uitvoeren van CBM en het behouden van CM technologieën zijn verder uitgebreid
	Processen & documentatie	Er wordt geen CBM uitgevoerd, dus er heven ook geen processen en documentatie ingericht te worden	Er is geen gedefinieerd proces voor nader onderzoek en werk uit inspectie. De documentatie beperkt zich tot de communicatie van de huidige analyse	Er zijn gedefinieerde processen voor het uitvoeren van CBM, de geïntegreerd zijn de standaard onderhoudsprocessen, en het behouden van CM technologieën. Belangrijke documentatie omvat een lijst met kritische assets, PHEAs en onderhoudsconcepten van de assets en CM concepten uit de jaren	Er zijn ook gedefinieerde processen voor het ontwikkelen en implementeren van nieuwe CM toepassingen, het uitvoeren van reliability analyses en modificaties en het evalueren van onderhoudsconcepten. Belangrijke documentatie omvat een lijst met kritische assets, PHEAs en onderhoudsconcepten van de assets en CM concepten uit de jaren	Er zijn ook gedefinieerde processen voor het continu verbeteren van het CM portfolio en het gebruiken van informatie over de conditie van assets in beslissingsprocessen omtrent productie, projecten en ontwerp van (nieuwe) assets. Belangrijke documentatie omvat een actief overzicht van de CM technieken die bij elk asset gebruikt worden, een actuele lijst met kandidaten voor CBM en een CM concept ontwerptype
Mensen	Governance	Er is geen governance benodigd voor CBM	Technisch specialisten worden betrokken bij de beoordeling van het nader onderzoek	De CM momenten zijn vastgelegd in een onderhoudsmanagementsysteem. CM specialisten zijn geïntegreerd, CM specialisten zijn geïntegreerd en de inspectiecapaciteit worden goedkeurd door governance inspecteurs	Design for reliability en design for maintenance zijn een verplicht onderdeel van projecten, er zijn heldere afspraken met interne en externe partijen over het eigenaarschap en gebruik van data en waar mogelijk wordt gebruik gemaakt van technologische en organisatorische standaarden	Design for monitoring is een verplicht onderdeel van projecten, de organisatie is asset management geïntegreerd en er wordt zo veel mogelijk gebruik gemaakt van technologische en organisatorische standaarden
	Kennis & vaardigheden	Er zijn geen kennis & vaardigheden benodigd voor CBM	De onderhoudsteams hebben domeinkennis van de assets en zijn in staat om te bepalen of iets normaal is	De onderhoudsteams zijn ook bekend met de basisprincipes van CM technieken, de CM teams behouden makkelijk te gebruiken makkelijk te gebruiken CM technieken	De onderhoudsteams zijn ook bekend met de basisprincipes van de assets en in staat om PHEAs en ICAs uit te voeren, de CM teams behouden ook enkele moeilijk te gebruiken CM technieken en zijn in staat om nieuwe CM toepassingen te ontwikkelen en buffers te verminderen	De betrokken teams zijn ook bekend met de draagstroommechanismen van de assets, de effecten van degradatie op productie en de laatste knoedjes op CM technologie gebruikt. Daarmee zijn zij gezamenlijk in staat om het productieproces te optimaliseren en buffers te verminderen
Mensen	Cultuur	Er is geen onderhoudscultuur, onderhoud wordt niet als belangrijk gezien	Er is een brandewerkcultuur, de personen die onvoorziene en urgente problemen hebben worden gezien als helden van de dag. Ook is er een eilandcultuur, de organisatie bestaat uit veel kleine teams, zoals onderhoudsteams, productie, projecten, etc., die elk in eerste instantie hun eigen doelen nastreven	Er is een bureauwerkcultuur, binnen de (onderhouds)organisatie heerst er ook een behoefte om processen en plannen te versieren	Er is een reliability cultuur, het verhogen van de reliability wordt vanuit verschillende teams omarmd om de productie te verbeteren, de onderhoudskosten te verminderen en de veiligheid te verhogen. Ook is er een planende cultuur, de personen betrokken bij het CM programma houden van het ontwikkelen van en experimenteren met nieuwe technologieën	Er is een asset management cultuur, iedereen in de organisatie voelt zich geïntegreerd aan de assets en wil vanuit zijn positie bijdragen aan het optimaal gebruiken ervan, zowel op korte als lange termijn. Ook is er een analytische cultuur, waarin men besluiten wil nemen op basis van actuele en accurate informatie, "meten is weten"



Voor vragen over het CBM Maturity Model of het uitvoeren van een CBM Maturity Assessment, kun u contact opnemen met:

Roland van de Kerkhof
r.vanderkerkhof@tata.com

Het CBM Maturity Model is mede ontwikkeld door: Nico van Kessel (Tata Steel), Vijay Mohan (BP), Heek Hoordenhagen (JNT) & Henk Aksemanus (JNT, WCI)

Abbriviaties
CBM: Condition-Based Maintenance
CUE: Condition Monitoring
OEE: Overall Equipment Effectiveness
RDA: Return On Assets
TCO: Total Cost of Ownership
LCC: Life Cycle Costs

Interactieve sessie

De eindbestemming

CBM Maturity Model

	1 Geen CBM	2 Reactief CBM	3 Gepland CBM	4 Proactief CBM	5 World Class CBM
Omschrijving	CBM wordt niet gebruikt	CBM wordt ad hoc gebruikt om te anticiperen op storingen	CBM wordt structureel en planmatig gebruikt om de efficiëntie van onderhoud te verhogen	CBM wordt proactief gebruikt om de betrouwbaarheid en productiviteit van assets te verhogen (reliability perspectief)	CBM wordt optimaal gebruikt om de behaalde waarde uit assets te verhogen (asset management perspectief)
		onderhoudsafdeling		+ reliability engineer + process engineer	+ productieplanning + projecten + inkoop + ...
		easy-to-learn & easy-to-use CM technieken		meer online, real-time & geavanceerde CM technieken	CM technieken opgeschaald & optimale combi

Interactieve sessie

De eindbestemming

Niveau 5 – World Class predictive maintenance – is voor elke asset owner optimaal

Arm omhoog
Uiteraard

Armen omlaag
Zeker niet

Interactieve sessie

De eindbestemming

CBM Maturity Model
Van asset owner naar asset manager

Asset Owner	Asset Manager	Asset Manager	Asset Manager	Asset Manager	Asset Manager
1	2	3	4	5	6
Geen CBM	Reactief CBM	Gepland CBM	Proactief CBM	World Class CBM	
CBM wordt niet gebruikt	CBM wordt ad hoc gebruikt om te anticiperen op storingen	CBM wordt structureel en planmatig gebruikt om de efficiëntie van onderhoud te verhogen	CBM wordt proactief gebruikt om de betrouwbaarheid en productiviteit van assets te verhogen (reliability perspectief)	CBM wordt optimaal gebruikt om de behaalde waarde uit assets te verhogen (asset management perspectief)	
Geen waarde	Lagere onderhoudskosten door het voorkomen van storingen	Lagere onderhoudskosten door minder correctief onderhoud en beter voorbereid onderhoud	Hogere omzet uit productie door hogere OEE en klanttevredenheid en lagere onderhoudskosten door hogere betrouwbaarheid	Hogere ROA en lagere TCO door het verminderen van buffers en het optimaliseren van het gebruik van de assets	

	1 Geen CBM	2 Reactief CBM	3 Gepland CBM	4 Proactief CBM	5 World Class CBM
Omschrijving	CBM wordt niet gebruikt	CBM wordt ad hoc gebruikt om te anticiperen op storingen	CBM wordt structureel en planmatig gebruikt om de efficiëntie van onderhoud te verhogen	CBM wordt proactief gebruikt om de betrouwbaarheid en productiviteit van assets te verhogen (reliability perspectief)	CBM wordt optimaal gebruikt om de behaalde waarde uit assets te verhogen (asset management perspectief)
Waarde	Geen waarde	Lagere onderhoudskosten door het voorkomen van storingen	Lagere onderhoudskosten door minder correctief onderhoud en beter voorbereid onderhoud	Hogere omzet uit productie door hogere OEE en klanttevredenheid en lagere onderhoudskosten door hogere betrouwbaarheid	Hogere ROA en lagere TCO door het verminderen van buffers en het optimaliseren van het gebruik van de assets

kosten voor predictive maintenance nemen toe
(technologie, organisatie, mensen)

neemt de waarde voldoende toe om een hoger
maturiteitsniveau interessant te maken?

WCM SAMEN

Kennisproduct 3: Stappenplan predictive maintenance

Samen met Eelco Scheen (ABB)

Betrokken bij de ontwikkeling

- > Grotere en kleinere organisaties
- > Organisaties met verschillende niveaus van maturiteit
- > Verschillende rollen
 - > *Asset owners*: Eneco, Schiphol, Shell, Tata Steel in IJmuiden, Tata Steel Tubes, Waterschap de Dommel
 - > *Service providers*: Equans, IJssel Technologie, Perfact Group, Samotics, Sitech, SPIE, SPM, Stork
 - > *OEMs*: ABB, ASML, Croonwolter&dros, Heijmans, Lan Handling Technologies, Vanderlande, WEMO

<https://www.wcmvector.com/kennisproduct/stappenplan-predictive-maintenance>



Interactieve sessie

De eindbestemming: service providers

Service provider	Type	Visualized end state
Perfact Group	Consultancy	CM implementation & consultancy
Samotics	CM provider	Scaled up for niche market
Sitech	Maintenance provider	CM integrated in services
SPIE	Maintenance provider	CM add-on to services
SPM	CM provider	Technology provider + training

Er zijn veel verschillende typen service providers,
dus ook verschillende "end states" en roadmaps voor service providers.

Interactieve sessie

De weg er naartoe

De roadmap (om van maturiteitsniveau 1 naar 2 te komen, van 2 naar 3, etc.) ziet er voor asset owners en OEMs vergelijkbaar uit

Arm omhoog

Ja, het ziet er verrassend vergelijkbaar uit

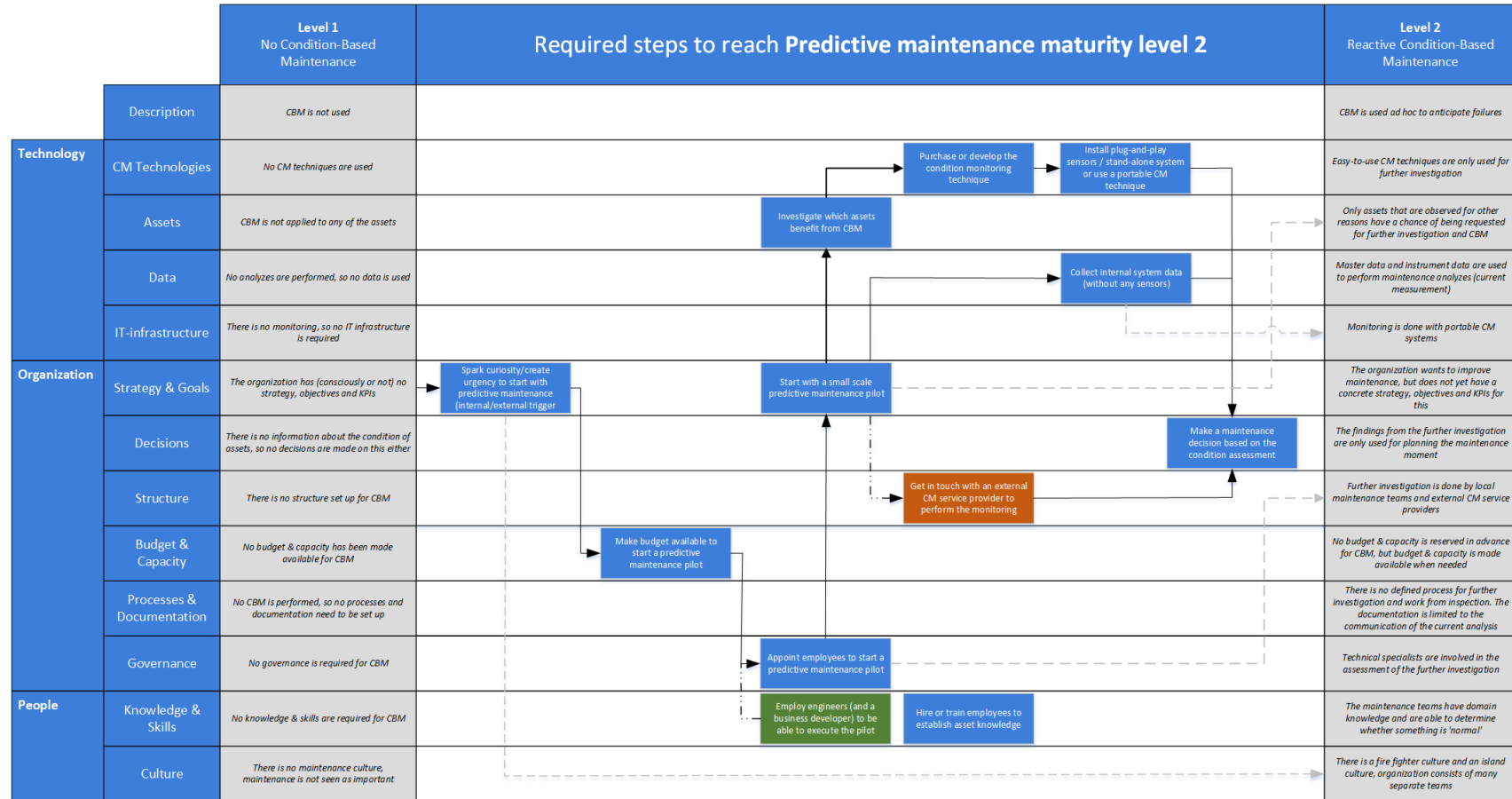
Armen omlaag

Nee, de meeste stappen zijn specifiek voor assets owners/OEMs

Predictive maintenance maturity guideline

For asset owners, original equipment manufacturers, and service providers in the process industry

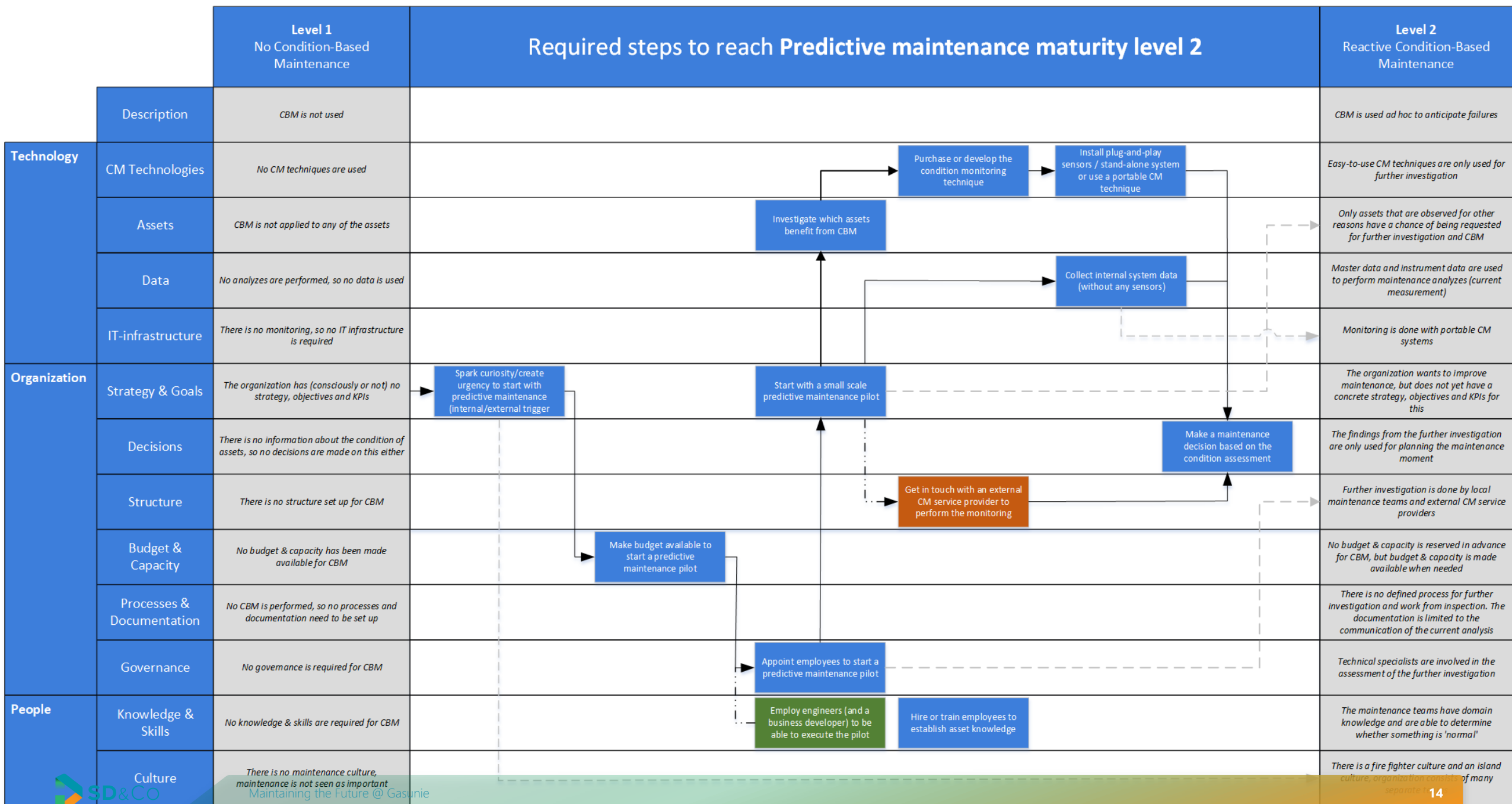
Version 1.0 (30-12-2021)

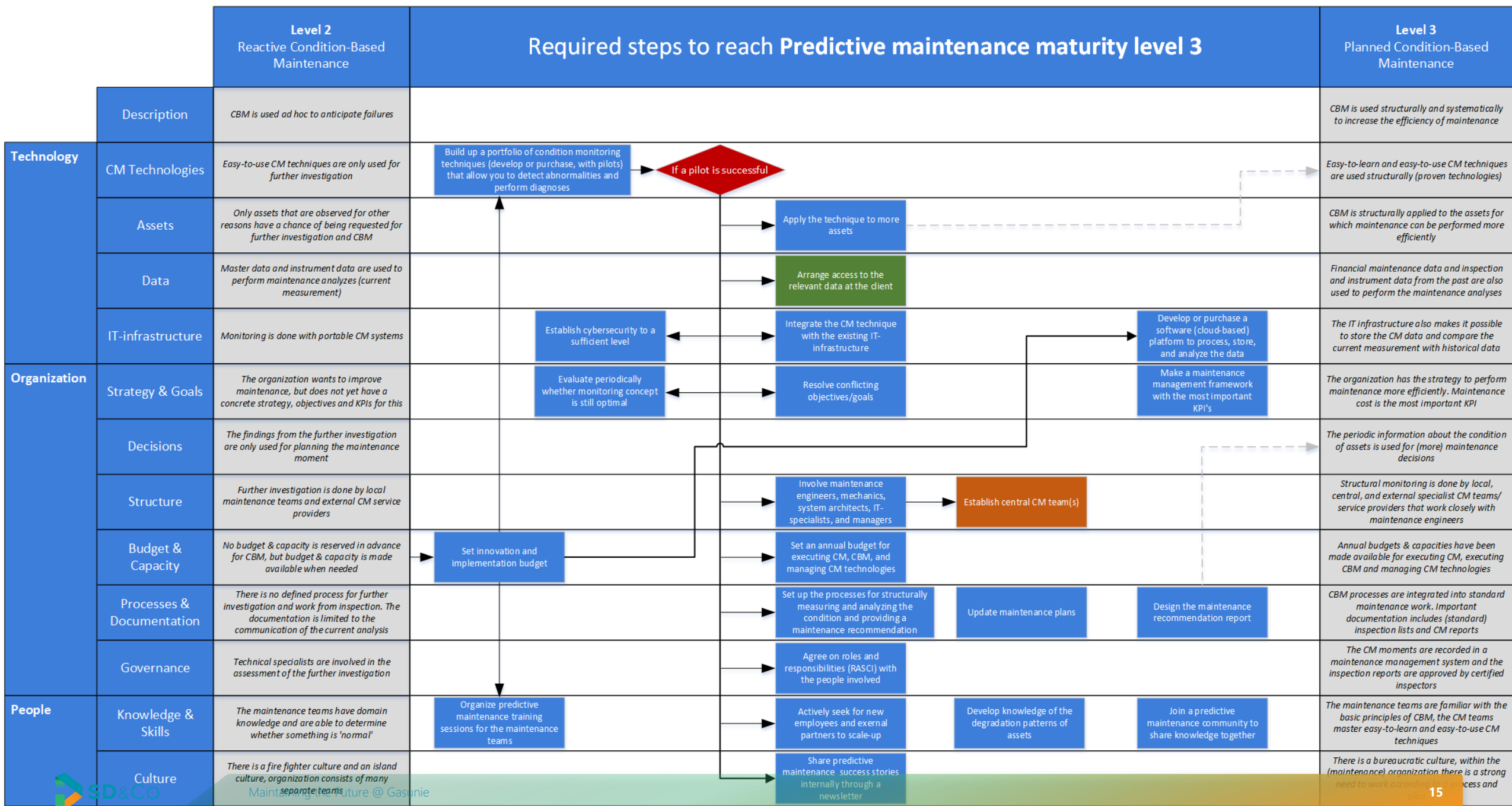


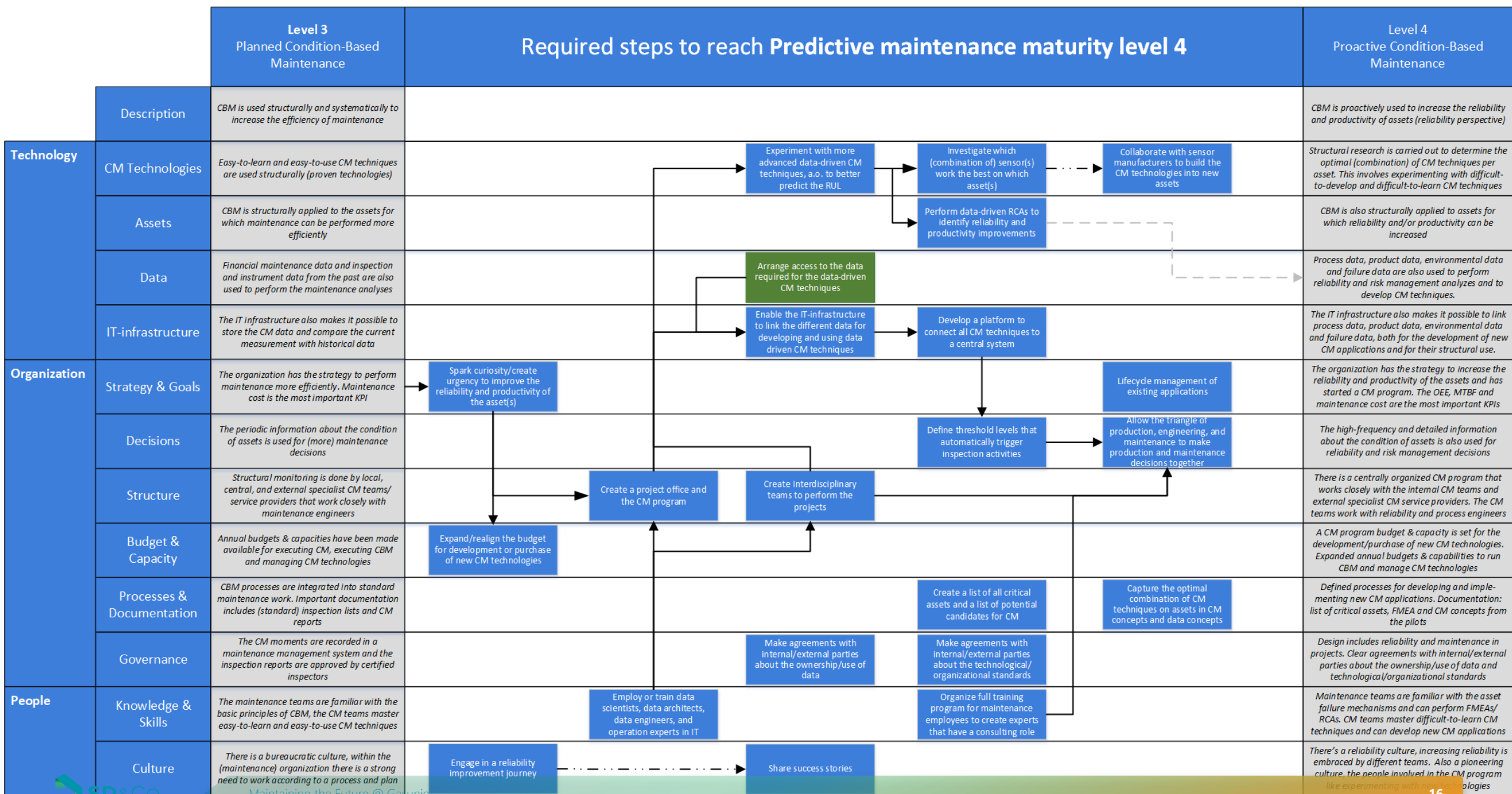
Abbreviations:
 AO: Asset Owner
 CBM: Condition-Based Maintenance
 CM: Condition Monitoring
 OEE: Overall Equipment Effectiveness
 OEM: Original Equipment Manufacturer
 ROA: Return On Assets
 SP: Service Provider
 TCO: Total Cost of Ownership
 RUL: Remaining Useful Life

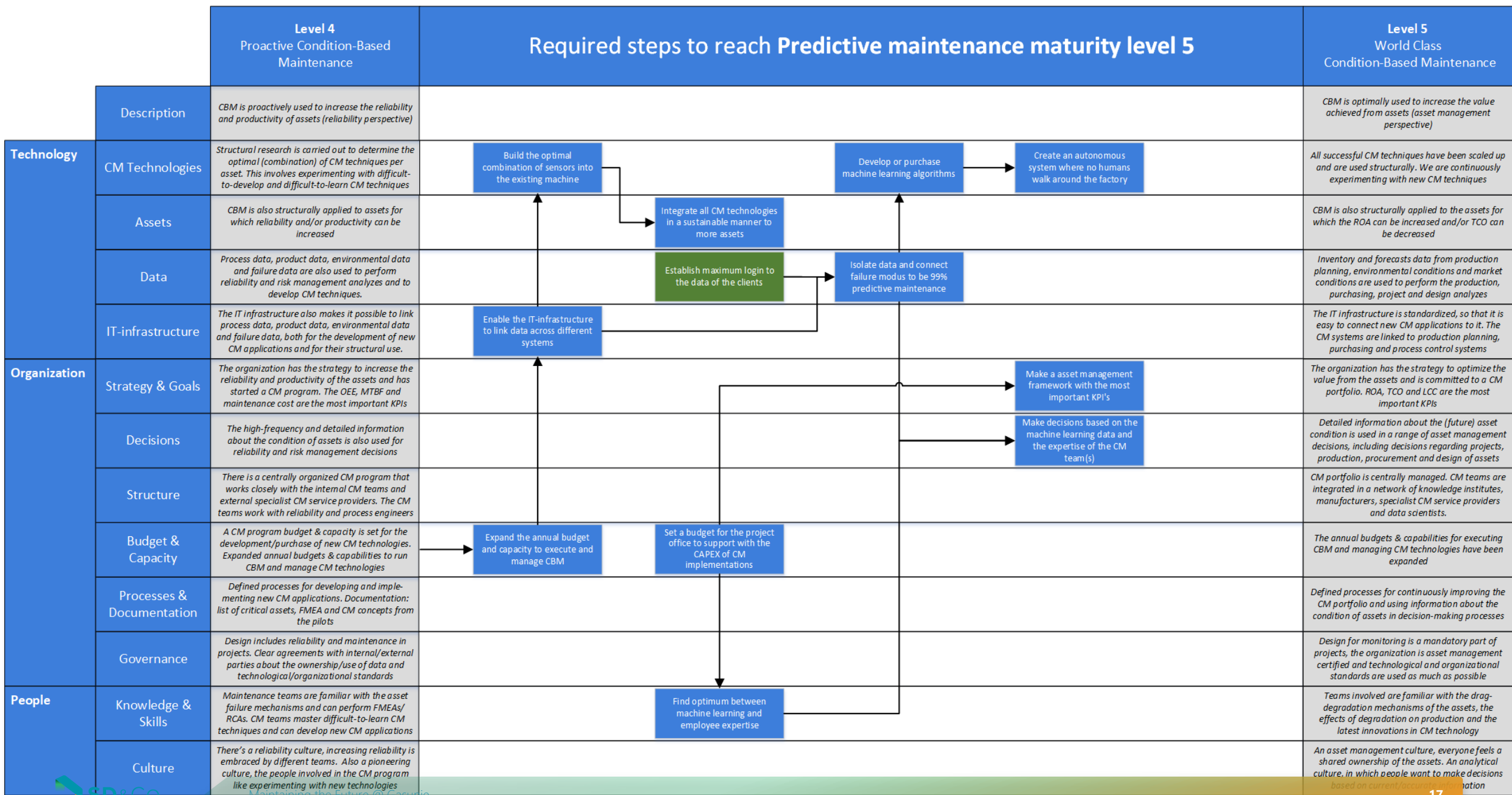
Legend:

- Steps relevant to AOs, OEMs, and SPs
- Steps specific to AOs
- Steps specific to OEMs & SPs
- ◆ Requirement for following step(s)
- Following step(s)
- - - - -> Optional step(s)
- - - - -> Indication of which steps result in a cross-categorization improvement









Roadmap predictive maintenance

WCM SAMEN: Overview of key steps

	Step 1 Experiment	Step 2 Institutionalize usage	Step 3 Grow & expand	Step 4 Overcome growing pains
Technology	Easy-to-adopt CM technologies Small number of assets Easily dismountable	Integrate hardware and software Improve CM technology Secure data transfer	More online and advanced CM technologies More applications per CM technology More clients (OEMs/SPs)	Efficient data storage Plug-and-play IT
Organization	Low budget Do-it-yourself/external CM provider	Design processes & roles Dedicate resources Design contract Adjust maintenance concept Etc.	Increase resources Experimentation program Implementation program Involve more departments Network of believers/ambassadors	Portfolio management Adjust contracts/Partnering Ecosystem
People	Curious	Employ/train/contract CM specialists	New skills and knowledge regarding degradation, data science, IT, etc. Reach outside maintenance team, connect to the designers	Learn how to work together with AI Culture shift towards integral data-driven decision making Connect to larger innovation network

Interactieve sessie

De weg er naartoe

Je kunt beter nét boven een maturiteitsniveau zitten dan nét eronder

Arm omhoog

Klopt, dit geeft je wat marge!

Armen omlaag

Tja, dat is afhankelijk van de situatie, maar beiden zijn niet optimaal

Interactieve sessie

De weg er naartoe

In maturiteitsdenken gaat het om [alignment](#).

Als de *technologie* en *mensen* bijvoorbeeld op niveau 3 zijn ingericht, maar de *organisatie* nog niet, maak je wél (een groot deel van) de kosten, maar haal je niet de volledige waarde eruit die je op niveau 3 kunt behalen.

Hetzelfde geldt als je vooruit gaat lopen: Als je alvast investeert in *mensen* (specialisten) om richting niveau 4 te gaan, maar de *technologie* en *organisatie* onveranderd laat, kost dit extra geld, zonder dat je er veel waarde uithaalt.

Natuurlijk is het geen statisch geheel; om de transitie te realiseren zul je geleidelijk moeten investeren in technologie, organisatie en mensen. En het zal niet in één keer goed gaan. Het is innovatie. Het is onzeker. Dus [ga op zoek naar de mensen die hier écht mee aan de slag willen](#).



02

Onderhouden van het toekomstige waterstofnet

ACE terminal

Rotterdam

Antwerp

Amsterdam

The Netherlands

Limburg

Düsseldorf

Ruhr area

Zuidwending

Bremen

Wilhelmshaven

Groningen

Helgoland

Ellund

Brunsbüttel

Hamburg

Hannover

Wolfsburg

Salzgitter

Geeft inzicht in de samenhang tussen elektriciteitsopwekking, waterstofproductie, waterstofvraag en het beheer van het netwerk



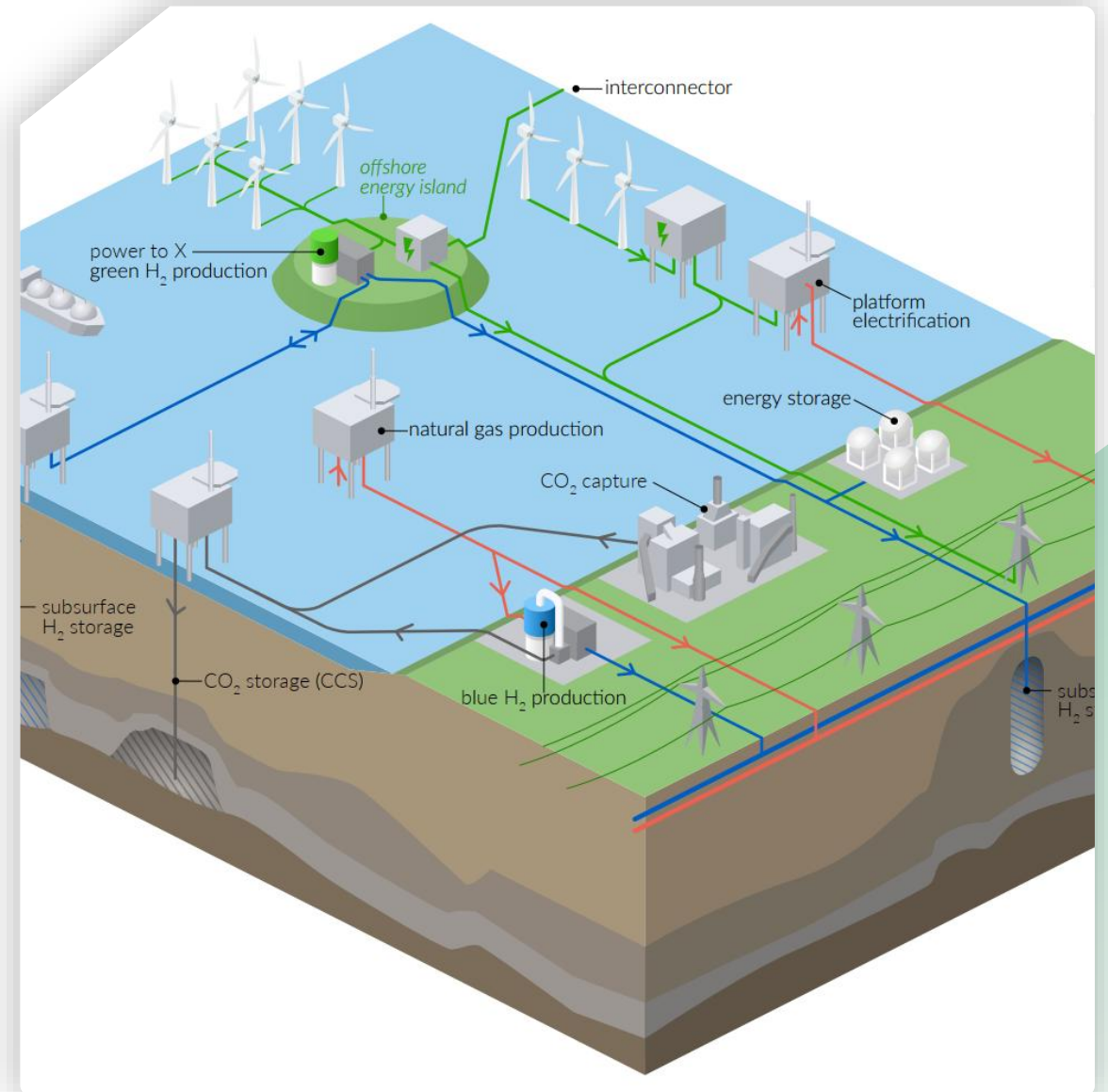
Waarom simuleren?

Om alvast een gevoel te krijgen voor

- > Hoe ontwerpkeuzes van invloed gaan zijn op de onderhoudsbehoefte
- > Welke variabelen rondom onderhoud echt van belang zijn (en dus verstandig zijn om mee te nemen in de ontwerpkeuzes)

Voor het onderhoud is het bijvoorbeeld nog onzeker

- > Effect waterstof op MTBF, MTTR, HoTT en monteurs/activiteit?
- > Effect offshore op MTBF, MTTR, HoTT en monteurs/activiteit?
- > Effect start/stop productie op MTBF?
- > In welke mate capaciteit uitgewisseld kan worden?
- > Is er voldoende onderhoudspersoneel te vinden?



Dynamiek in waterstofnetwerk

Het model rekt in tijdstappen van een maand zodat we goed kunnen zien wat de uitbreiding van de capaciteit doet

Legenda

Groen: berekend door model

Oranje: zelf in te vullen

		Dynamiek vindt plaats binnen ...			
		Dag	Week	Jaar	Decennia
Elektriciteit	Opwekking	Windsnelheid: gemiddeld hoger in de middag Curtailment (obv elektriciteitsprijs) Beschikbaarheid windturbines		Windsnelheid: gemiddeld hoger in september t/m maart Gemiddelde curtailment Gemiddelde beschikbaarheid	Uitbreiding capaciteit windturbines (off-/onshore) Uitbreiding zonnepanelen, kernenergie, import, etc.
	Gebruik	Minder gebruik 's nachts Balans: opslag in batterijen, etc.	Minder gebruik in weekend	Minder gebruik in zomer	Toename gebruik (uitbreiding elektriciteitsnet, minder congestie)
Waterstof	Opwekking	Beschikbaarheid elektrolyzers en compressoren Waterstofvraag en verdeling over productiemethoden (offshore, onshore, grijs, import) Waterstofprijs			Uitbreiding elektrolyzers en compressoren Uitbreiding transportassets
	Opslag	Korte-termijn aansturing opslag		Aansturing opslag: wanneer vullen/terugleveren	Uitbreiding zoutcavernes
	Gebruik	Baseload vs minder gebruik 's avonds en 's nachts?	Baseload vs minder gebruik tijdens weekend?	Baseload vs minder gebruik tijdens vakantieperiodes?	Uitbreiding installaties industrie, etc.
Onderhoud	Degradatie	Huidige gebruik assets (start-/stopmomenten), mate waarin preventief onderhoud uitgevoerd wordt, etc. bepalen degradatie en kans op falen			
	Capaciteit	Minder capaciteit 's avonds en 's nachts	Minder capaciteit tijdens weekend	Minder capaciteit in vakantie Uitwisseling capaciteit	Uitbreiding onderhoudsteam
	Productiviteit	Korte-termijn planning (incl. prioritering) Beschikbaarheid reserveonderdelen en tooling		Prioritering en backlog activiteiten bij ondercapaciteit	Leercurve Inrichting onderhoudsorganisatie

Interactieve sessie

Een nieuwe weg: waterstof

*Stel dat de betrouwbaarheid van offshore elektrolyzers en compressoren slechter blijkt te zijn dan men in eerste instantie verwacht ($MTBF / 2$), met hoeveel procent verslechtert de business case van waterstofproductie in NL dan *volgens de simulatie*?*

Arm omhoog

Van een ingeschatte +15% naar +13,5%

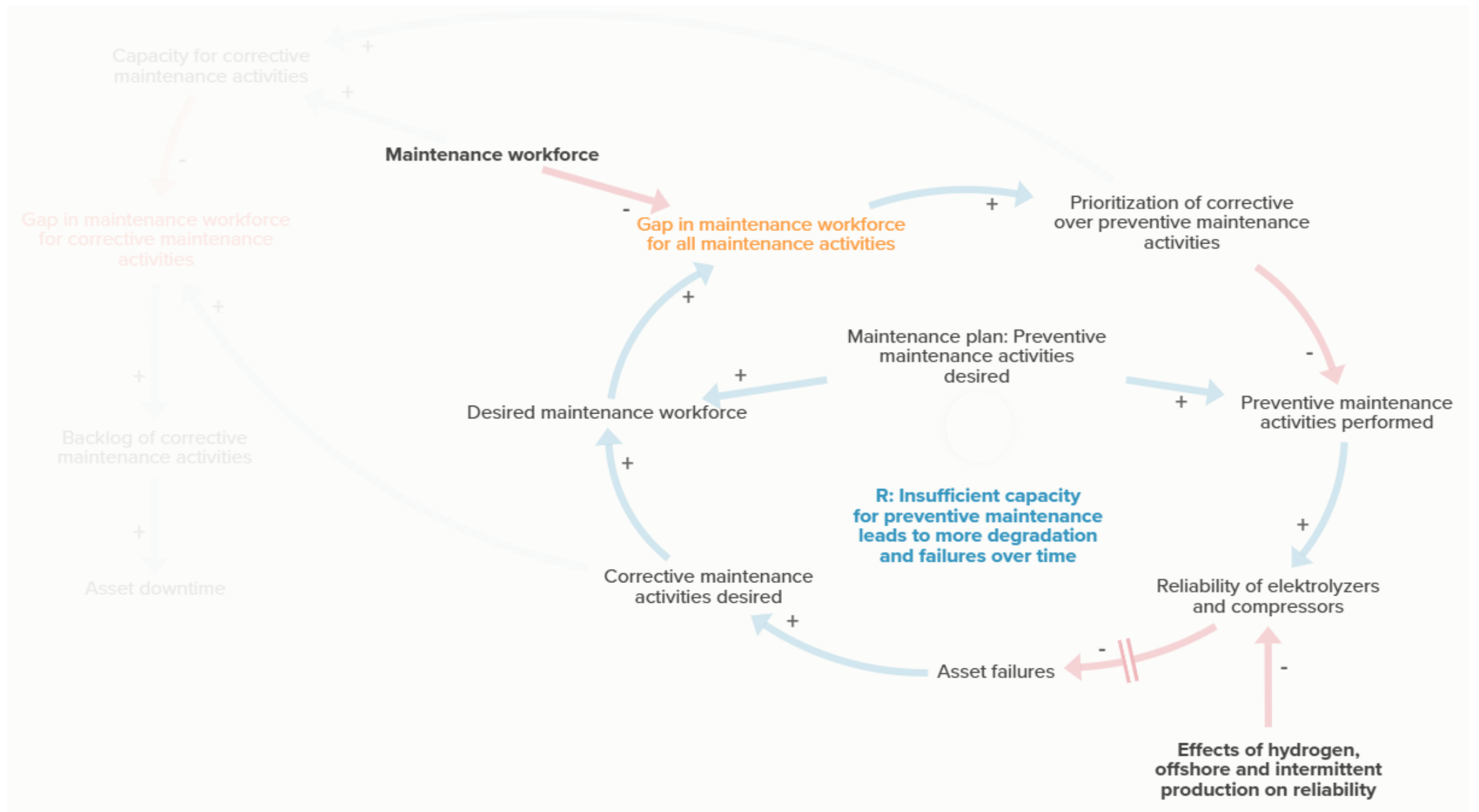
Armen omlaag

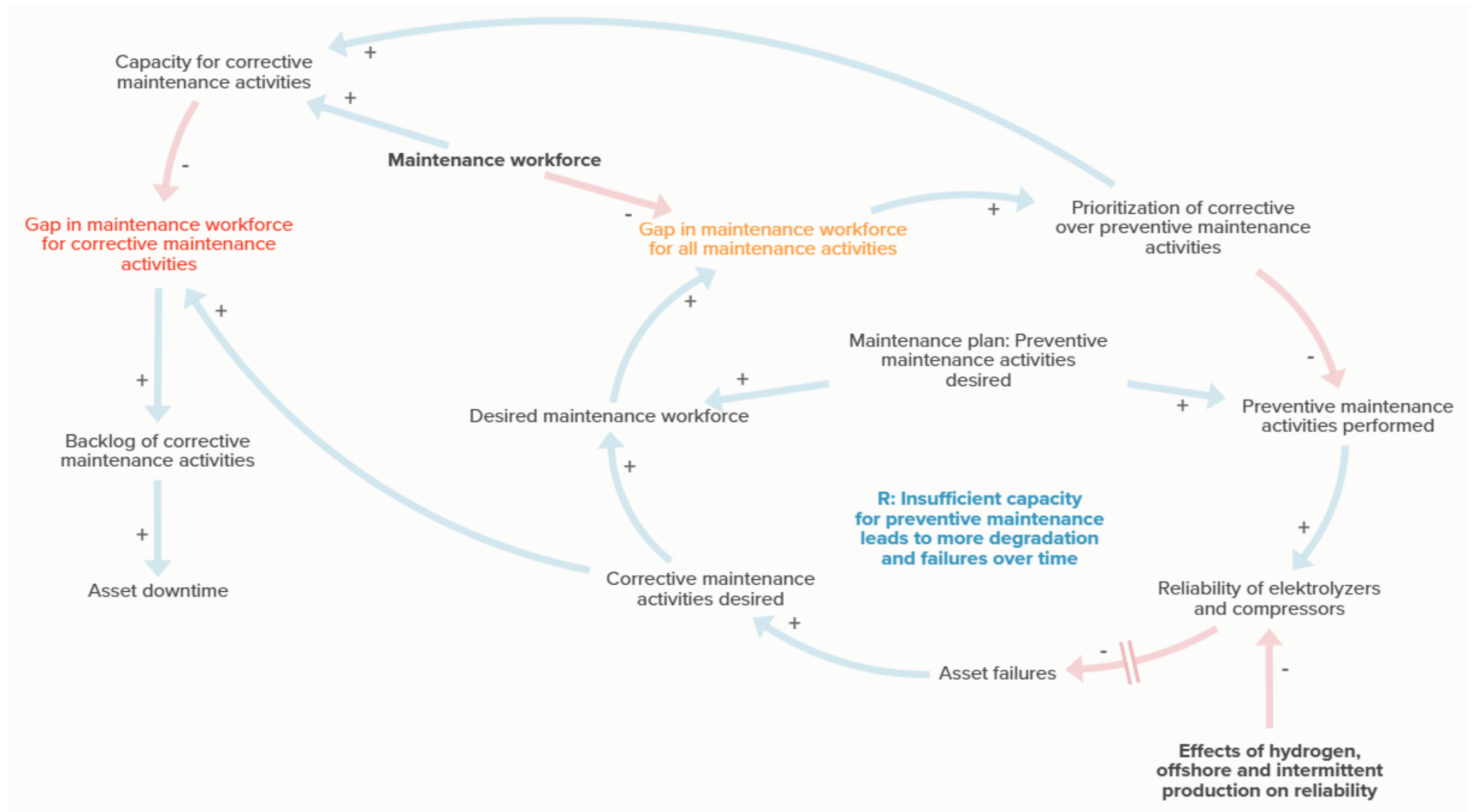
Van +15% naar +5%

Inschattingsvraag

*In de simulatie zien we dat als er structureel te weinig onderhoudspersoneel beschikbaar is, het rendement van waterstofproductie in NL van een ingeschatte +15% (vrij ineens) naar -50% kan gaan. Bij welk **percentage** gebeurt dit in de simulatie?*

Percentage = *beschikbaar personeel / benodigd personeel * 100%*







Cambridge Innovation Center

Groot Handelsgebouw A4.004
Stationsplein 45
3013AK Rotterdam

Contact info

Roland van de Kerkhof

roland@sdco.nl



*"We are **system dynamics** specialists and domain experts. Together we work on issues we **care about**, as **partners in decision-making**."*

"I dream that factories operate successfully within the planetary boundaries."

- Roland van de Kerkhof



Planetary boundaries

Anno 2025: 7 out of 9 boundaries crossed

The planetary boundaries framework displays the state of nine processes that together maintain a **stable and resilient Earth system**, each of which are affected by human activities. The planetary boundaries were first proposed in 2009 by a group of 28 internationally renowned scientists led by the Stockholm Resilience Centre. Afterwards, researchers have quantified the current state and safe operating space (i.e., the amount of human pressure the process can endure while remaining stable) for each process.

Planetary boundaries are **interdependent**. The long-term large-scale stability of the past, which allowed human societies to develop and thrive, comes from the complex interactions of biophysical processes within the Earth system. This means we cannot consider planetary boundaries in isolation in any decision-making on sustainability. Action that affects one process in the planetary boundaries framework will affect the risks of the other processes. Only by **respecting all nine boundaries** can we maintain the safe operating space for humanity.

The framework presents how far we're away from the safe operating space (distance), as well as the amount of risk we're facing (color: red indicates higher risk, yellow/orange lower risk).

<https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>

