

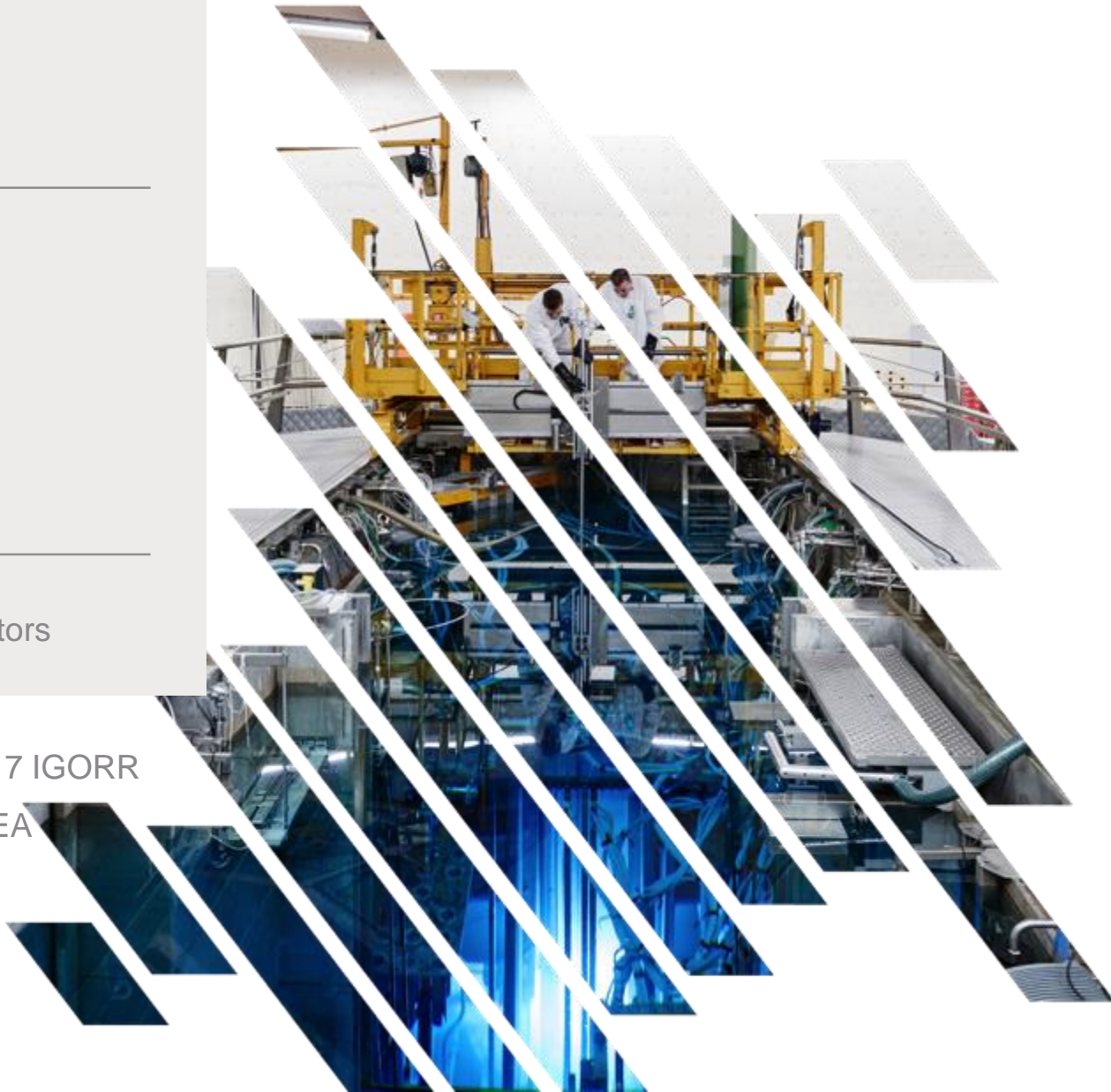


THE IMPACT OF CHANGES IN UTILIZATION ON HUMAN PERFORMANCE

Case study applied human factors

Roland Ruiterman – 4 Dec 2017 IGORR

Sanne Pelt – 4-8 Dec 2017 IAEA

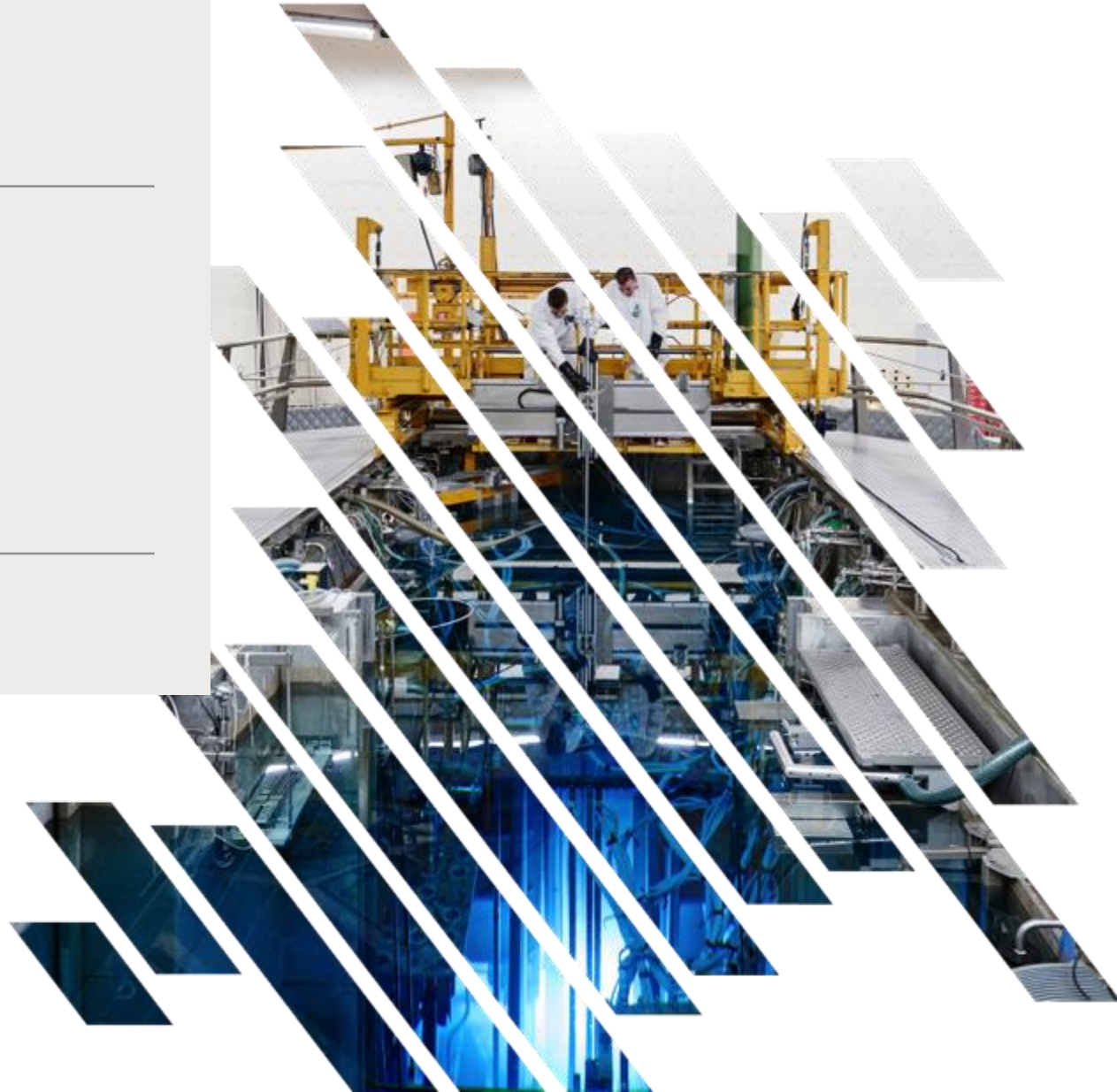


CONTENTS

- Cause & Context
- Theoretical framework
- Case study
- Conclusions & Recommendations



CAUSE & CONTEXT



CAUSE & CONTEXT

Cause

HEU – LEU target conversion for ^{99}Mo production

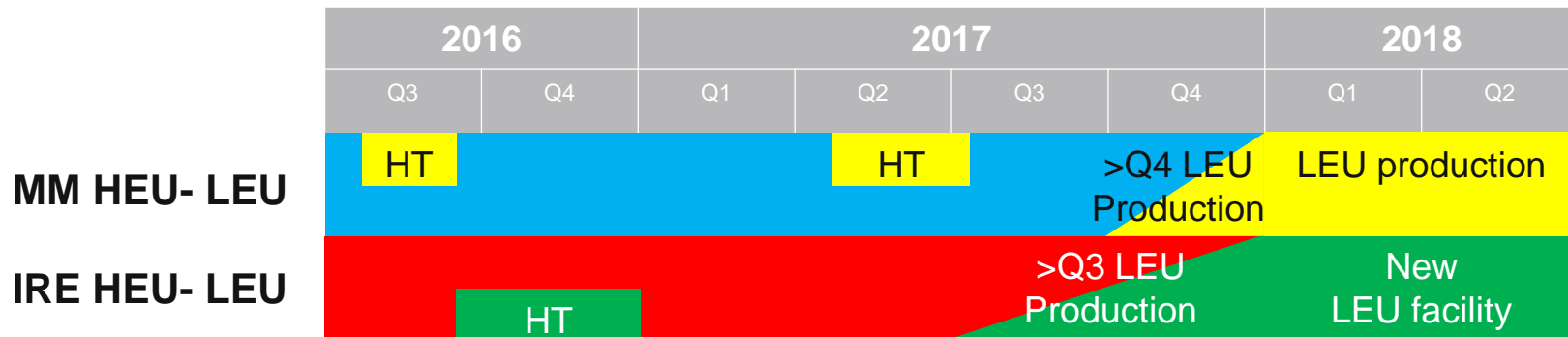
Context

- Stakeholder landscape
- Demand over time
- Organizational change
- Technological complexity

CONTEXT: STAKEHOLDER LANDSCAPE

- Converting the entire chain:
 - End users in multiple countries
 - Multiple processing/packing plants
 - Multiple reactors
- Different requirements and regulations for each stakeholder
- Competition between processors
 - GMP ^{99}Mo demand stable during conversion

CONTEXT: DEMAND OVER TIME



LEU productie ready 1
= production HEU & LEU MM
en IRE HEU

LEU productie ready 2
= production HEU & LEU IRE
en MM HEU
= partial loading IRE LEU

LEU productie ready 3
= production MM LEU
& IRE LEU
= ANGITIA primary cooled
= ANTICA new PSF

ABC Customer



Milestone project HFR Operational Readiness

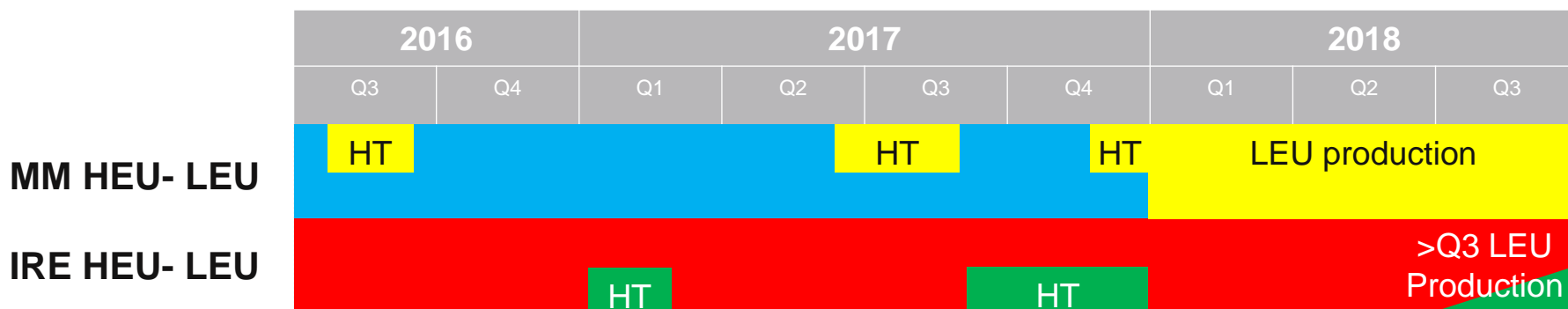


HEU irradiations



LEU irradiations

CONTEXT: DEMAND OVER TIME



LEU productie ready 1
= production HEU & LEU MM
en IRE HEU

LEU productie ready 2
= production HEU & LEU IRE
en MM HEU

LEU productie ready 3
= production MM LEU
& IRE LEU
= ANGITIA primary cooled
= TINOS new PSF

ABC Customer



Milestone project HFR Operational Readiness



HEU irradiations



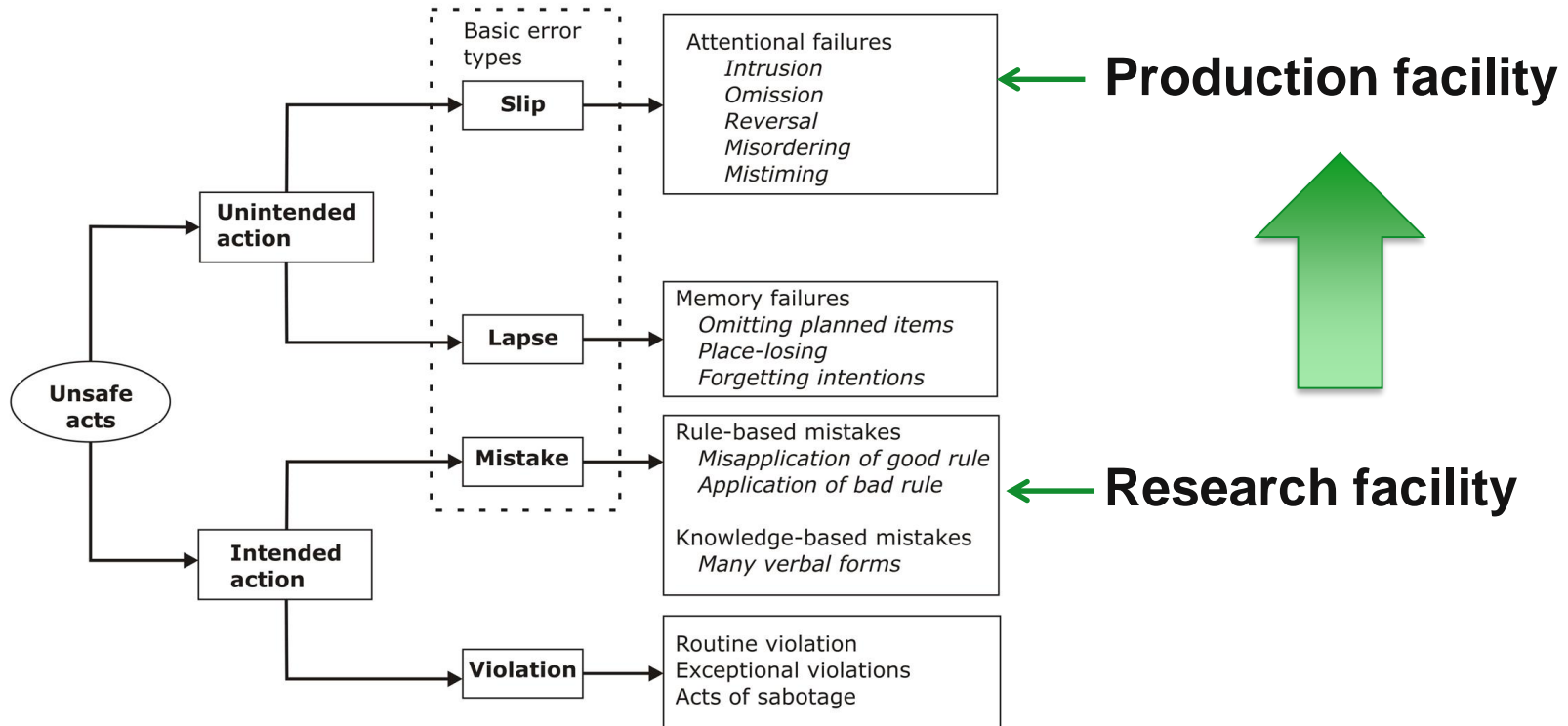
LEU irradiations

CONTEXT: ORGANIZATIONAL CHANGE

	Research facility	Production facility
Deliverable:	Report	Material
Iterations:	One/Few	Many
Design focus:	Availability	Reliability
Design focus:	Unique result	Max. throughput
Quality:	Controlled	Constant
Time:	Controlled	Fixed
Deviations:	Exception report	Rejection

CONTEXT: ORGANIZATIONAL CHANGE

Model of human error (Reason, 1990)



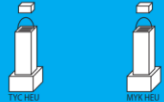

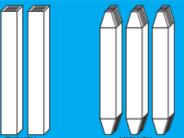

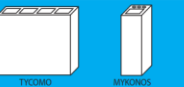


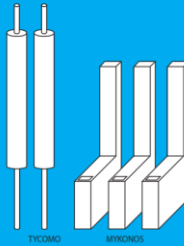



CONTEXT: TECHNOLOGICAL COMPLEXITY

- Irradiation rigs already available or under construction
- More (slightly) different targets types
- More and (slightly) different irradiation facilities
- HEU and LEU part subsets for irradiation facilities
- Same reactor and support systems





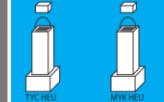
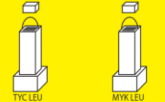


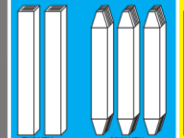
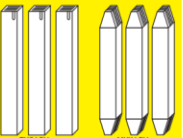


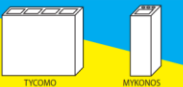







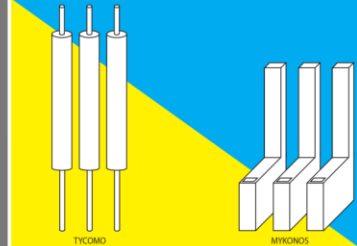


Similarities in design of HEU and LEU rigs pose risks of mixing components and targets. Quality issue, possibly nuclear safety.

CONTEXT: TECHNOLOGICAL COMPLEXITY

Onderdelen en laadtools van Molybdeen faciliteiten		
	MM HEU	IRE HEU
Targets	 MM HEU	 IRE HEU
Laadtools	 TTC HEU MYK HEU	 INCOMODO/ PROMETEO loadtools
Targethouders	 TTC HEU MYK HEU	 INCOMODO/ PROMETEO doornen
Laadlos stations	 TYCDMD MYXNOS	INCOMODO TAFEL PROMETEO LAAD/LOSSTATION
Restrictie blokken	 TTC HEU	
Koppelstangen	 TTC HEU	
Hoeden en rekken	 TYCDMD MYXNOS	 INCOMODO PROMETEO
Bestralings positie	CAPSULE TTC 1 PSF POSITIE MYK1 CAPSULE TTC 2 PSF POSITIE MYK 2 PSF POSITIE MYK 3	CAPSULE INCO 1 CAPSULE INCO 2 PSF POSITIE FROM 1 PSF POSITIE FROM 2 PSF POSITIE FROM 3

← HEU only

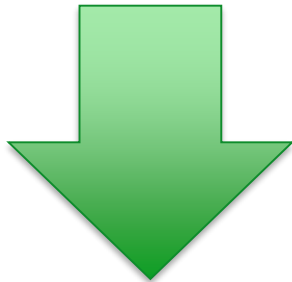
HEU & LEU →

Onderdelen en laadtools van Molybdeen faciliteiten				
	MM HEU	MM LEU	IRE LEU	IRE HEU
Targets	 MM HEU	 MM LEU	 IRE LEU	 IRE HEU
Laadtools	 TTC HEU MYK HEU	 TTC LEU MYK LEU	 MIR LEU	 INCOMODO/ PROMETEO loadtools
Targethouders	 TTC HEU MYK HEU	 TTC LEU MYK LEU	 MIR LEU	 INCOMODO/ PROMETEO doornen
Laadlos stations	 TYCDMD MYXNOS		 MIRELE	INCOMODO TAFEL PROMETEO LAAD/LOSSTATION
Restrictie blokken	 TTC HEU	 TTC LEU	 MIR LEU	
Koppelstangen	 TTC HEU	 TTC LEU	 MIR LEU	
Hoeden en rekken	 TYCDMD MYXNOS		 MIRELE	 INCOMODO PROMETEO
Bestralings positie	CAPSULE TTC 1 CAPSULE TTC 2 CAPSULE TTC 3	CAPSULE TTC 1 CAPSULE TTC 2 CAPSULE TTC 3	PSF POSITIE MYK1 PSF POSITIE MYK 2 PSF POSITIE MYK 3	CAPSULE INCO 1 CAPSULE INCO 2 PSF POSITIE FROM 1 PSF POSITIE FROM 2 PSF POSITIE FROM 3

CONTEXT: CONCLUSION

The solution is influenced by:

- Stakeholders with different interests
- Shifting demand in time
- Multiple organizational levels
- Production lines that are related



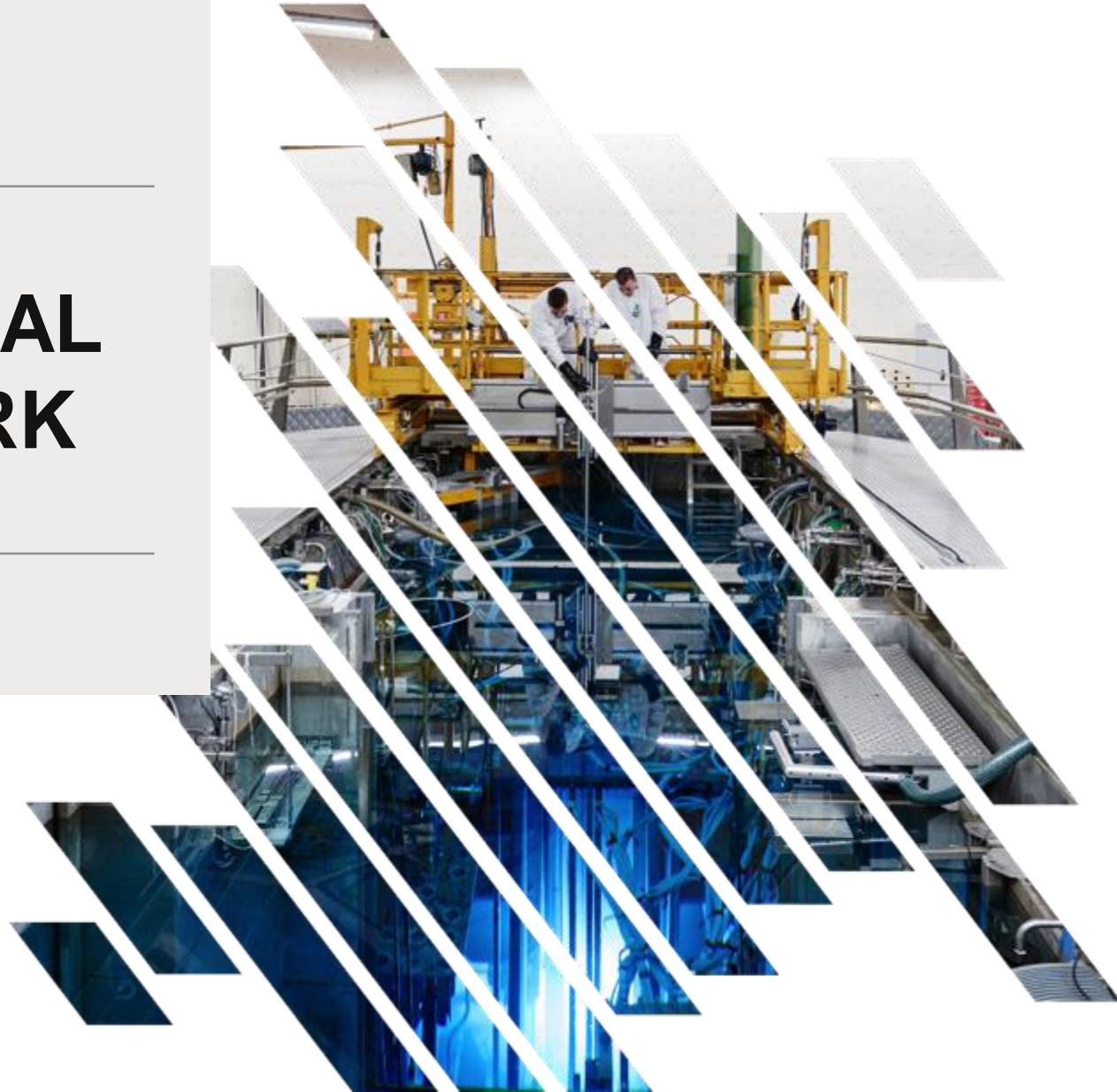
Wicked problem

“Some problems are so **complex** that you have to be highly intelligent and well informed **just to be undecided** about them.”

Laurence J. Peter



THEORETICAL FRAMEWORK



WICKED PROBLEMS: TRAITS

- The problem is not understood until after the formulation of a solution.
- Wicked problems have no stopping rule.
- Solutions to wicked problems are not right or wrong.
- Every wicked problem is essentially novel and unique.
- Every solution to a wicked problem is a 'one shot operation.'
- Wicked problems have no given alternative solutions.

References

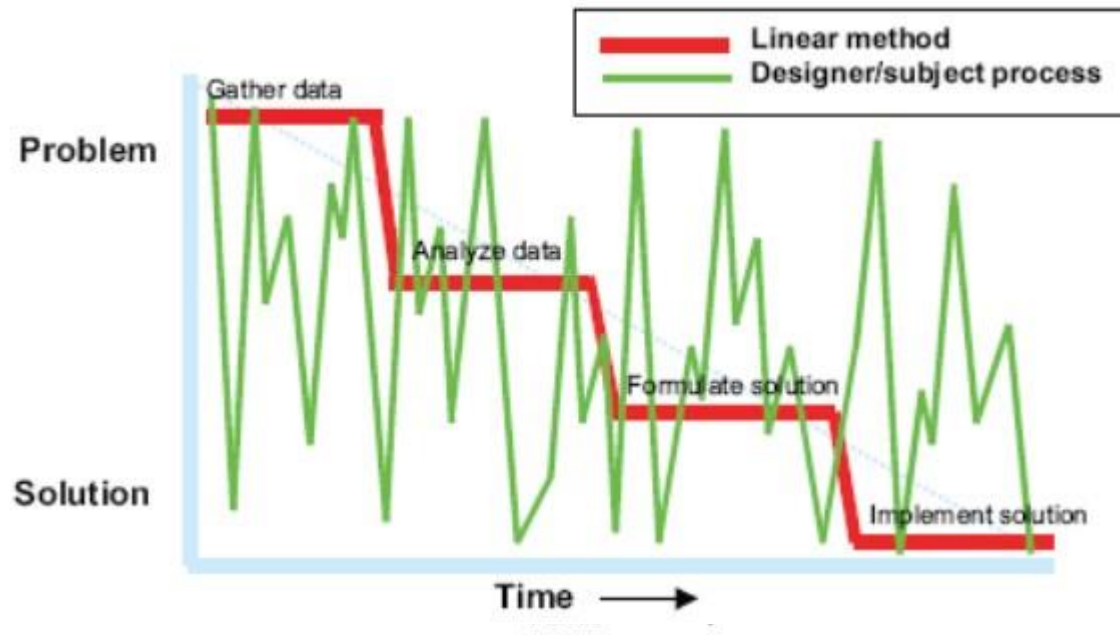
- J. Conklin, *Dialogue Mapping: Building Shared Understanding of Wicked Problems*, 2005

WICKED PROBLEMS: TAMING

Taming options:

- Lock down the problem definition
- Assert that the problem is solved
- Specify objective parameters by which to measure the solution's success
- Cast the problem as 'just like' a previous problem that has been solved
- Give up on trying to get a good solution to the problem
- Declare that there are just a few possible solutions, and focus on selecting from among these options

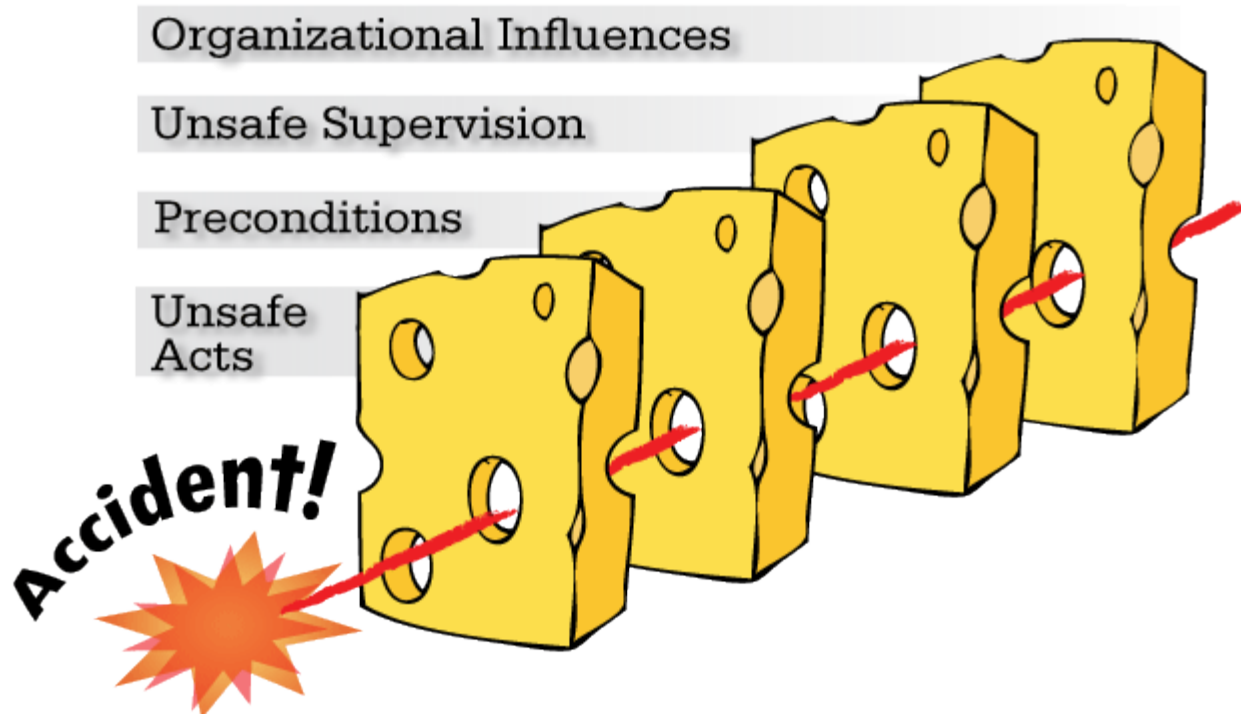
WICKED PROBLEMS: SOLVING



HUMAN FACTORS THEORY

Swiss cheese model – Reason (*SOURCE: www.hfacts.com*)

Representing different levels of an organization where there are active or latent causes for accidents



METHODS OF DESIGN

Human Centred Design

An approach to system design and development that aims to make systems more usable by focusing on the use of the system; applying ergonomics, human factors, and usability knowledge and techniques [SOURCE: ISO 9241-210:2010, 2.7, modified]

Design for optimal operator performance

Systematic consideration of human factors, including the human-machine interface, shall be applied at an early stage in the design process for a research reactor facility, including its experimental facilities, and shall be continued throughout the entire design process. [SOURCE: SSR-3, Requirement 35]



CASE STUDY



PROJECT

It's wicked and it's about human performance

Project brief

Enable safe and reliable supply of irradiated ^{99}Mo targets according to customer demand during the HEU to LEU target conversion.

Case study

- Setting constraint in planning
- Research
- Basic design
- Detailed design
- Close-out

CONSTRAINT: CUSTOMER DEMAND

- Zero impact of conversion on the supply of ^{99}Mo under GMP conditions
- Start of LEU target irradiation when a step down the chain is ready for testing
- Completing conversion before HEU supply runs out
- Predictable (low) cost over time

SET CONSTRAINTS IN PLANNING

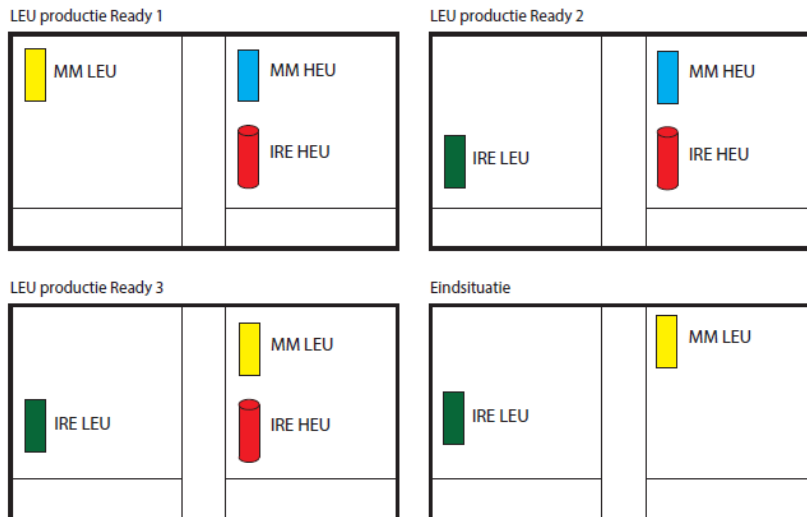
- Observe operators during work, and involve them to understand what will reduce complexity in day to day operations
- Constrain this complexity by solving it on the highest possible organisational level (solve the problem on a different level from where it occurs)
- Reduce complexity and costs of engineering solution
- Ultimately reduce complexity for operations

Taming the wicked

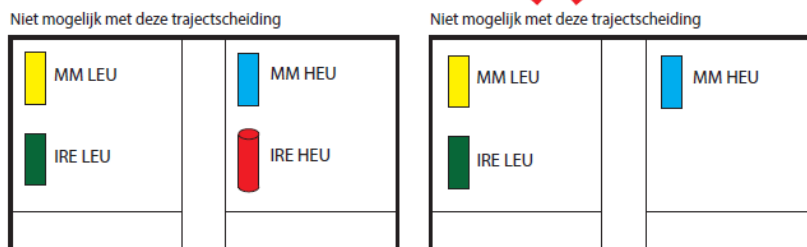
- Locking down the problem
- Declare that there are just a few possible solutions, and focus on selecting from among these options

SET CONSTRAINTS IN PLANNING

2 plaatjes ✓



3 plaatjes ✗



- Every facility is ***dedicated HEU or LEU*** during a cycle
- For production regime a ***maximum of 2 plate targets*** is allowed
- Setting these constraints early on allowed business to implement it into the HEU-LEU conversion planning

CONSTRAINT: RESEARCH BASE

- Lack of risk assessment of the logistic process and cross-influence of irradiation rigs during this part of the production process
- Current Design & Safety Reports for irradiation facilities focus on risks during irradiation
- Minimal experience in taking the human factor into account in risks assessment
- No process flow diagrams available on operator task level
- Knowledge on previous engineering design choices concentrated in small amount of people
- Knowledge on current layers of defense spread throughout organization
- **SSR-3 – req. 35 Design for optimal operator performance not implemented on a logistic process and cross-influence**
- **SSG- 24 annex II, chapter 7/8, not sufficient for design of production line**

RESEARCH - APPROACH

- Develop method of the analysis by trial and error
- Accept concurrent analysis and design
- Focus on understanding the larger problem, while solving the smaller ones

Accepting the wicked

The problem is not understood until after the formulation of a solution

RESEARCH - APPROACH

Start:

- Starting point: current known method of HAZOP
- Guide words: same as a previous HAZOP focussed on human error
- Preparation: detailed process steps as described in Excel
- 1st & 2nd session: go through process guided by Excel sheet

Lessons learned:

- Excel sheet insufficient to ensure participants have the same process step in mind
- Guide words don't fit discussions about different kinds of errors

RESEARCH - APPROACH

1st iteration: guide words & process flow diagrams

- Preparation: Made Process Flow Diagrams based on operating procedures
- Guidewords:
 - Adapted from SHERPA [SOURCE: Sherpa, Embrey]
 - Based on Reason, based on operator behaviours → easy to use
 - Differentiate between actions, selections and checks
- Sessions: Standing in front of PFD, naming possible errors, processes into Excel afterwards by facilitator

Lessons learned:

- Unclear how the complete system of parts possibly interacts (incomplete mechanical exclusions)
- Discussion about chances of loading the wrong targets remains and is based on opinions

RESEARCH - RESULTS

Van toepassing op				HAZOP label	versie 20170905													
Normen (LEU)	Normen (LEU)	Wet- & regelgeving (LEU)	Mythen (LEU)	Processtap n.	Processtap	Doel van de stap	Eindswoorden (Numm HAZOP)	Dorszaak/ Beïnvloedende factor	Afwijking (indien facilititeit specifiek, is dit aangegeven)	Eenvlg (indien facilititeit specifiek, is dit aangegeven)	Mechanismen voor detectie en herstel	Maatregelen	aanpassing opgenomen	Opmerking				
					3	Laden targets	Het laden van de transportdoos in de targethouder en de targethouder in de facilititeit, zodat de targets bestraald kunnen worden.											
						3.1	Haal dagvoorraad aan transportdozen op uit kluis 4	De targets die die dag bestraald moeten worden, naar het 3e bordes halen, zodat ze vanaf daar in de targethouder geladen kunnen worden.										
						3.1.1	Open met bewaking kluis 4.	De transportdozen uit kluis 4 halen	M Actie te veel/ te weinig	1. te weinig transportdozen in de kluis	1. Vertraging	1. meer check-outs mee dan er dozen inde kluis staan 2. afwijking melden	geen					
						3.1.2	Haal transportdozen uit kluis 4 (o.b.v. Werkopdracht in transportdoos & check-outs)	De transportdozen uit kluis 4 halen	M Actie te veel/ te weinig	1. Fout in voorgaand proces. Andere doos of nummers en/of aantal komen niet overeen	1. verkeerde transportdoos mee naar bordes 2. afwijkende targets niet opgemerkt 3. afwijking in spijtoefnamistratie	1. Controle werkopdracht uit regelkamer met werkopdracht in transportdoos aan rand 3e bordes 2. Process 3.4 Controle targetsoort: dezelfde kleur geven als de en targetnummers aan rand 3e bordes	1. Verhogen herkenbaarheid inhoud transportdozen: transportrekken targetsoorten 2. Integreer kaliber targetsoort in transport doos	1. +2. HFR Operational Readiness BMA 2016-033				
						3.1.3	Sluit kluis en begeleid bewaker uit reactorhal	De beveiliging targets zeker stellen	O3 Opzettelijk overtreding	Kluis te lang open en geen bewaking	Targets worden opzettelijk meegenomen	Targets uit de kluis	Goede bewaking	geen				
						3.1.4	Verplaats de transportdozen naar 3e bordes	Targets naar 3e bordes brengen	A8 Verkeerde actie op het juiste object	Ergonomie, afleiding	Transportrommel laten vallen	Fysieke schade personeel (arbo/persoonlijk letsel)	Geen	geen				
						3.1.4	Verplaats de transportdozen naar 3e bordes	Targets naar 3e bordes brengen	A8 Verkeerde actie op het juiste object	Ergonomie, afleiding	Transportrommel laten vallen	transportrommel/target raakt beschadigd; vertraging	Geen	geen				
						3.1.4	Verplaats de transportdozen naar 3e bordes	Targets naar 3e bordes brengen	A8 Verkeerde actie op het juiste object	Ontwerp transportdozen	Transportrommel laten vallen	Bij meerdere dozen: target terugstoppen in verkeerde transportdoos	1. Processtap 3.4 Targets controleren	1. Ontwerp transportdozen aanpassen, zodat targets er niet uit vallen als de doos valt	1. HFR Operational Readiness BMA 2016-033			
						3.2	Selecteer transportdoos	Het selecteren van de transportdoos met targets voor de eerst volgende belading, zodat de juiste targets geladen worden.										
						3.2	Selecteer transportdoos eerst volgende belading en plaats op de werktafel (m.b.v. kopie werkopdracht in transportdoos & check-out)	Het selecteren van de transportdoos met targets voor de eerst volgende belading, zodat de juiste targets geladen worden.	S2 Verkeerde selectie gemaakt	Herkenbaarheid transportdozen, werkopdrachten en check-outs	Volgorde bestralingen verwisselen, (transportdozen werkopdracht, check-out en targets tot moment van in bestraling nemen. Kwalleitgevolg: 1. te vroeg hebben beladen verkeerde facilititeit 2. te laat in bestraling nemen juiste facilititeit (inschatting max. 1. vertraging)	1. Verder in proces met verkeerde moment van in bestraling nemen. 2. te laat in bestraling nemen juiste facilititeit (inschatting max. 1. vertraging)	1. 4-ogen principe 2. voorbespreken bij overnemen van welke facilititeit eerst gaat; bij werkopdrachten en check-outs in bestraling nemen staat op werkopdracht 3. Detectie in het proces 'Hoed op/ Rek tegen kern plaatsen' als wordt geticht op welk moment de doos in bestraling moet worden	1. Dezelfde kleuren toepassen op de transportdozen en werkopdrachten en check-outs 2. Targetsoort groot vermelden op werkopdracht 3. Check-outs targetsoort specifiek maken en targetsoort op check-outs 4. Werkafsprake maken: Er staat maar 1 transportdoos in het werkgebied	1. +2. +3. HFR Operational Readiness BMA 2016-033 4. HFR Operational Readiness Lijst 'HEU - LEU werktafel'	Transportdozen worden veelal geplaatst op de overstepanik op het 3e bordes. Er is geen vaste plek voor.		
						3.3	Selecteer laadtool met valgewichtje	Het selecteren en pakken van de laadtool met het valgewichtje van het laadbordstool, die nodig is voor het laden van de targets in de targethouder.										
						3.3	Selecteer laadtool met valgewichtje	Het selecteren en pakken van de laadtool met het valgewichtje van het laadbordstool, die nodig is voor het laden van de targets in de targethouder.	S2 Verkeerde selectie gemaakt	Herkenbaarheid laadtool	Verkeerde laadtool geselecteerd; matcht niet met target	1. Verder tot 3.5, gevolgen staan daar getoetst	1. Naam op laadtool	1. Naam van laadtool op laadtoolbord weergeven 2. Identificering targetsoort doorvoeren op laadtool bord 3. Doornemen modulaire op laadtoolbord. Targetsoort niet nodig in exclus + laadtool afgehermet op bord	1. + 2. +3. HFR Operational Readiness BMA 2016-033			
						3.3	Selecteer laadtool met valgewichtje	Het selecteren en pakken van de laadtool met het valgewichtje van het laadbordstool, die nodig is voor het laden van de targets in de juiste facilit.	S2 Verkeerde selectie gemaakt	Herkenbaarheid gewichtjes bij laadtool	Fout uit vooig proces: verkeerd gewichtje bij laadtool	1. Verkeerd gewichtje past wel, werkt net zo goed of correct gewichtje: geen gevolgen 2. Verkeerd gewichtje past niet: komt niet voor, want dan kan de tool niet opgestapen worden met het gewichtje era en wordt de food 4 reëer hersteld; geen gevolgen	1. Verkeerd gewichtje past wel, werkt net zo goed of correct gewichtje: geen gevolgen 2. Verkeerd gewichtje past niet: komt niet voor, want dan kan de tool niet opgestapen worden met het gewichtje era en wordt de food 4 reëer hersteld; geen gevolgen	1. +2. +3. HFR Operational Readiness BMA 2016-033				

RESEARCH - APPROACH

2nd Iteration: additional deliverables

- Error Path Analyses: Go through all combinations of facilities and parts to identify error paths that lead to wrong subassemblies being irradiated (Deterministic approach)
- Human Reliability Analyses of target mix-ups to look at this objectively and assess if additional measures are necessary (Probabilistic approach)

RESEARCH RESULTS

Verwisselingen tussen onderdelen en laadtools van Molybdeen faciliteiten

Revisie	10/01/2018	Project	1000 Separation Facilities
Revisie	09/01/2018	Revisieomschrijving	2.0000 LEU's
Revisie	09/01/2018	Revisieomschrijving	1000 LEU's
Oprichtdatum	02-01-17	Verantwoordelijk	NRG team
Doel	Revisieomschrijving	Project	1000 LEU's

	MM HEU	MM LEU	IRE LEU	IRE HEU
--	--------	--------	---------	---------

Step 3.5 Plaats target in laadtool

Targets	MM HEU		MM LEU		IRE LEU		IRE HEU	
Laadtools								
	TYC HEU		MYK HEU		TYC LEU		MYK LEU	

Laadtool	Target	MM LEU	IRE LEU	IRE HEU
MM HEU	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool
TYC HEU	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool
MYK HEU	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool
TYC LEU	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool
MYK LEU	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool
MIR LEU	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool
MIR HEU	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool
MM HEU & PROMETO	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool
MM LEU & PROMETO	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool	Target past niet in laadtool

Step 3.5 Plaats valgewichtje

Laadtools	TYC HEU		MYK HEU		TYC LEU		MYK LEU		MIR LEU	
Valgewichtjes										
	TYC HEU		MYK HEU		TYC LEU		MYK LEU		MIR LEU	

Valgewichtje	Laadtool	MM LEU	IRE LEU	IRE HEU
MM HEU	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool
TYC HEU	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool
MYK HEU	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool
TYC LEU	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool
MYK LEU	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool
MIR LEU	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool	Valgewichtje past niet in laadtool

Step 3.6 Plaats targethouder in laad&los station

Targethouders	TYC HEU		MYK HEU		TYC LEU		MYK LEU		MIR LEU	
Laadlos stations										
	TYCOMO		MYKOMOS		MIRELE		MIRELE		MIRELE	

Targethouder	Laadlos station	MM LEU	IRE LEU	IRE HEU
MM HEU	Targethouder past niet in laadlos station	Targethouder past niet in laadlos station	Targethouder past niet in laadlos station	Targethouder past niet in laadlos station
TYCOMO	Targethouder past niet in laadlos station	Targethouder past niet in laadlos station	Targethouder past niet in laadlos station	Targethouder past niet in laadlos station
MYKOMOS	Targethouder past niet in laadlos station	Targethouder past niet in laadlos station	Targethouder past niet in laadlos station	Targethouder past niet in laadlos station
MIRELE	Targethouder past niet in laadlos station	Targethouder past niet in laadlos station	Targethouder past niet in laadlos station	Targethouder past niet in laadlos station

Step 3.7 Plaats laadtool op targethouder

Laadtools	MM HEU target		MM LEU target		IRE LEU target		IRE HEU target	
Targethouders								
	TYC HEU		MIR HEU		TYC LEU		MYK LEU	

Laadtool	Targethouder	MM LEU	IRE LEU	IRE HEU
MM HEU	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder
TYC HEU	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder
MYK HEU	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder
TYC LEU	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder
MYK LEU	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder
MIR LEU	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder	Laadtool past niet op targethouder

RESEARCH RESULTS

Primary

- Recorded system of facilities and parts, their interactions and consequences for quality and nuclear safety
- Measures to reduce errors defined and implemented as the research developed

Secondary

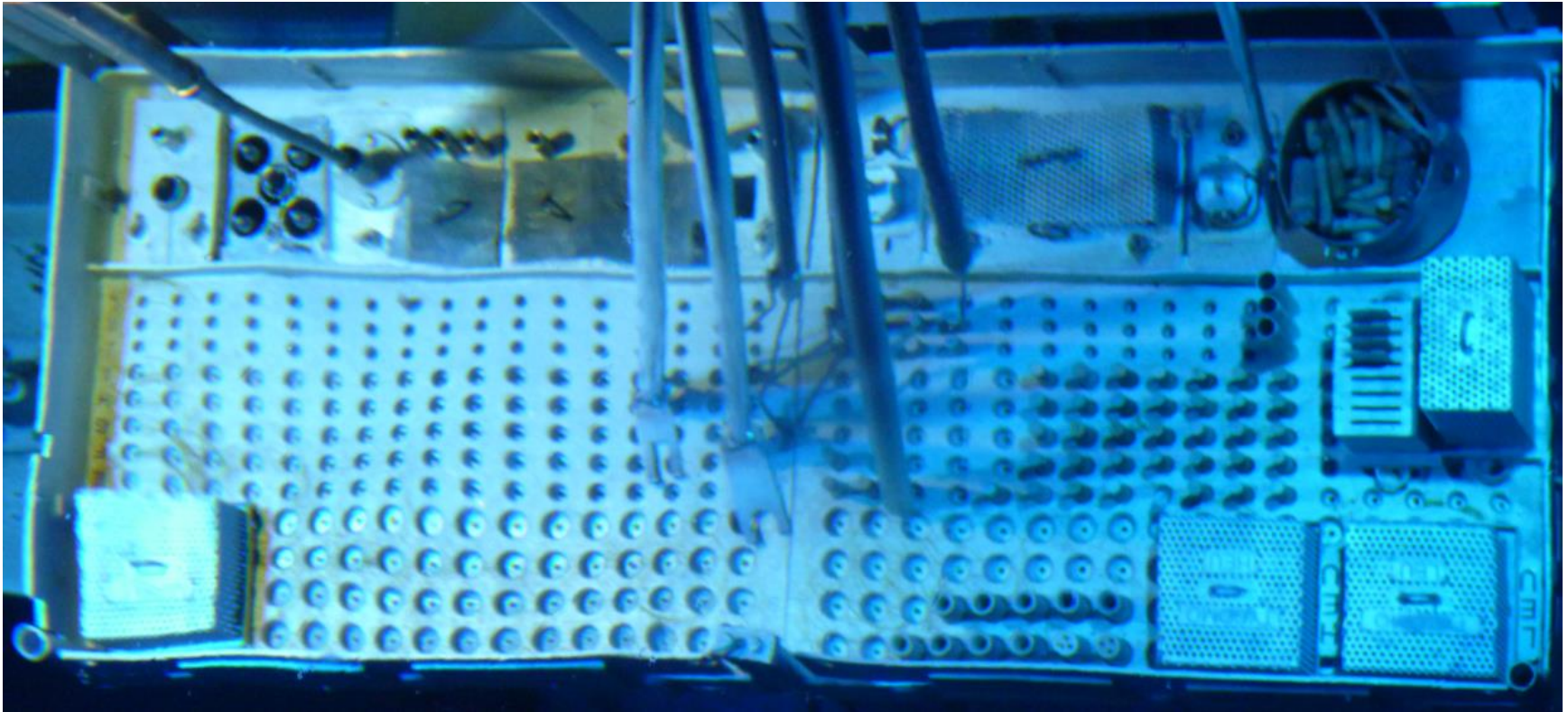
- Insight into where the risks of human errors are in the production process and across whole system of irradiation facilities used
- Ability to assess consequences for operability as part of new business cases for irradiations
- Process flow diagrams for future use
- Wider spreads knowledge of the day to day logistics

BASIC DESIGN - PROCESS

Human Centred Design

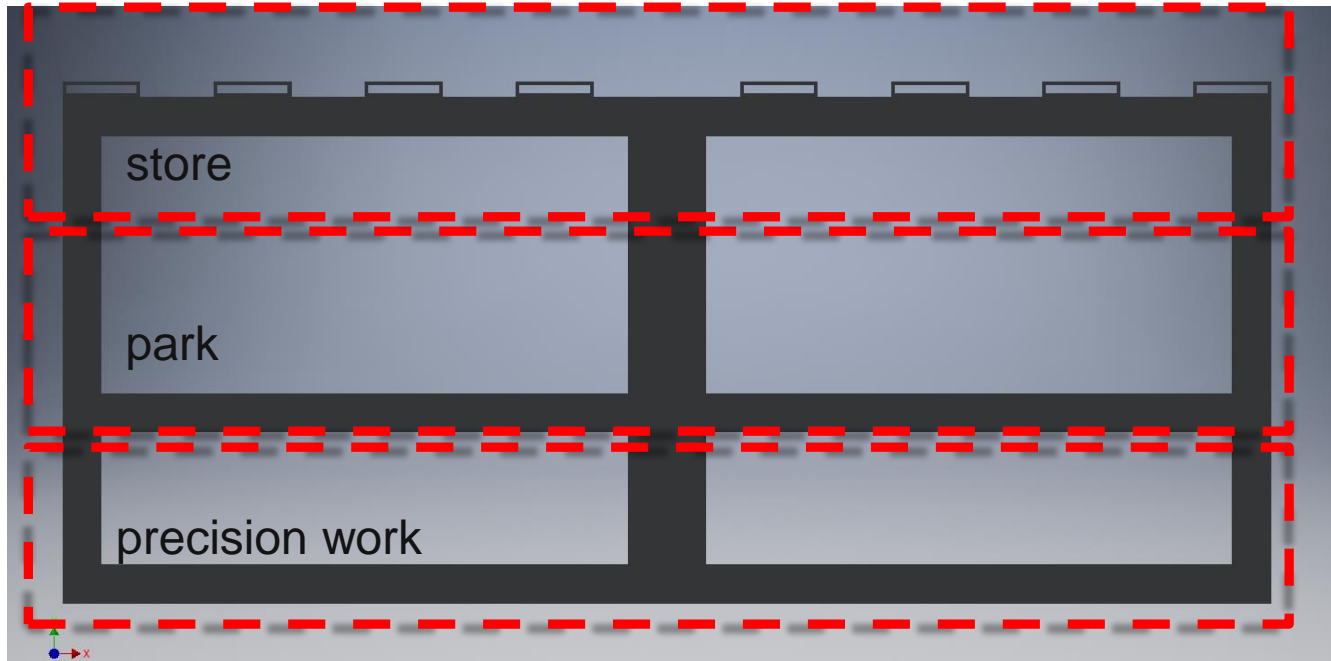
- Focus on selecting basic working principles to be applied to the whole system
- Define specifications together with users
- Iterate in small steps, starting with simple sketches (prototypes)
- Aske for user feedback to check if it will work
- Fail early results in 1st time right final design

BASIC DESIGN – OLD ISOTOPE TABLE



BASIC DESIGN – ISOTOPE TABLE

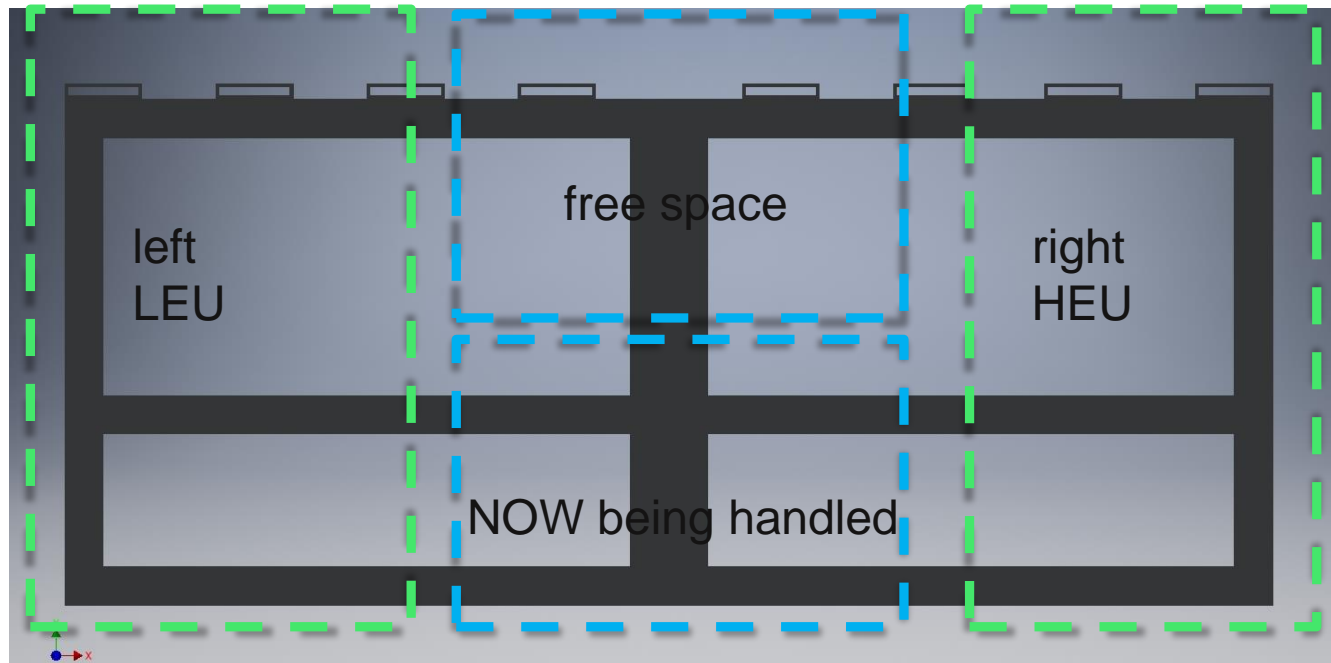
Less precise movements



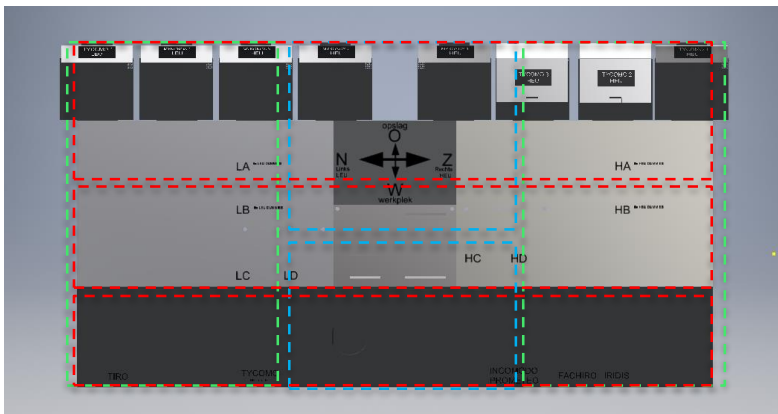
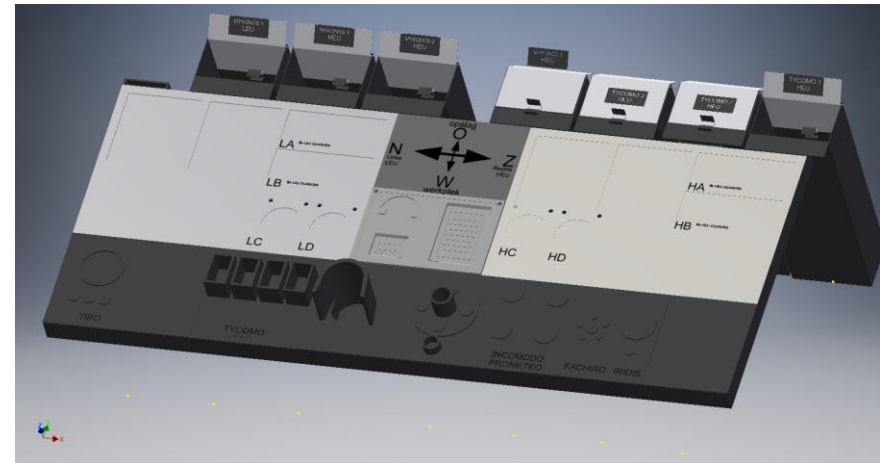
Precise movements

BASIC DESIGN – ISOTOPE TABLE

← left/right separation, middle is subject to change →



BASIC DESIGN – ISOTOPE TABLE



DETAIL DESIGN - METHOD

Design for optimal operator performance

- Apply workplace physical and cognitive ergonomics
- Goal: support operators in successfully and easily completing the set tasks

For instance:

- Labelling all components
- Use cues to provide the user with feedforward and feedback
- Bevels to guide components placements under water
- Easy to open but integrated covers over components storage

DETAIL DESIGN - ISOTOPE TABLE

Design for production = routine acts

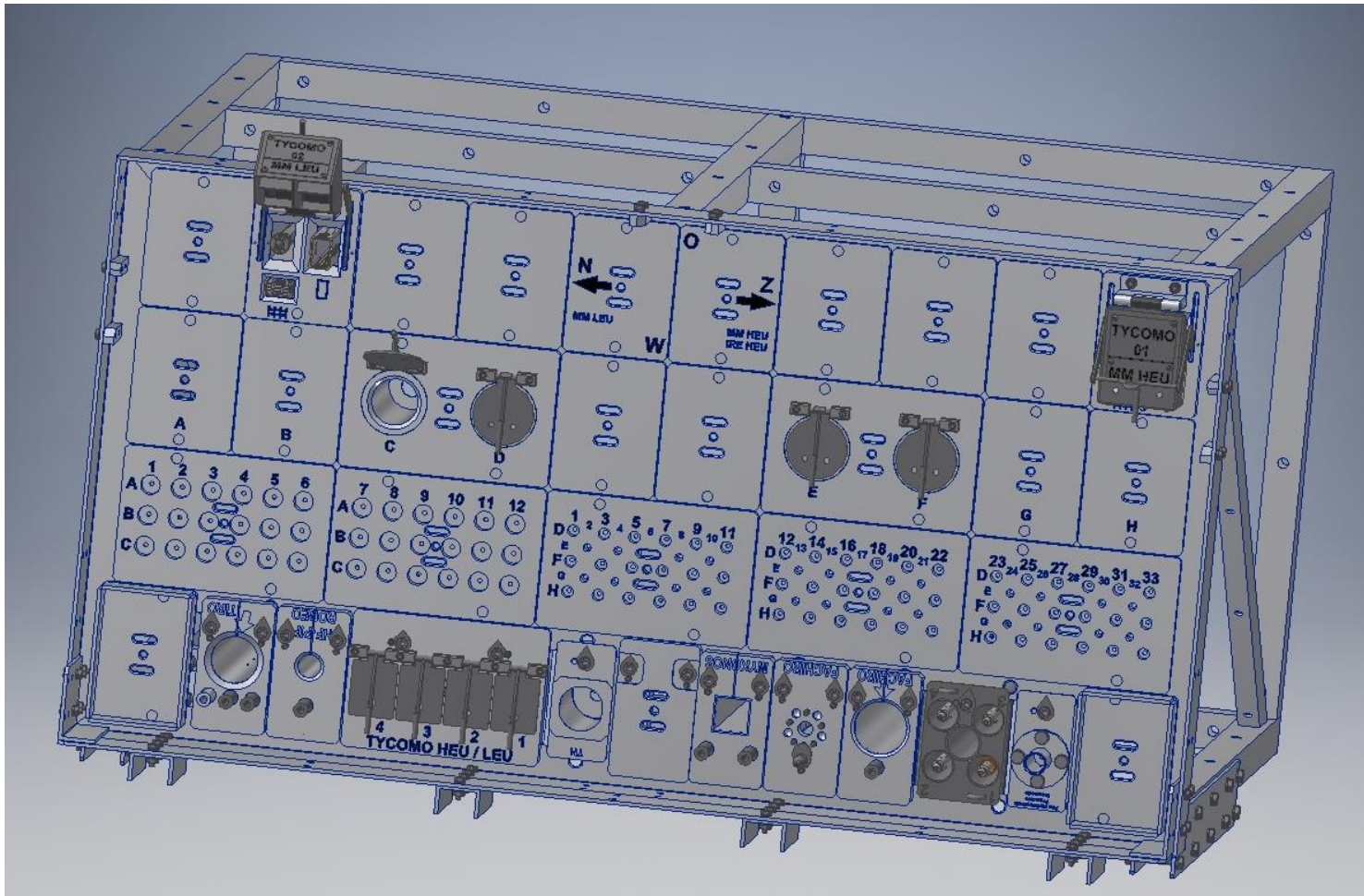
Minimal amount of choices during production (made possible by constraints in planning)

- Left/ right division of workspace for 2 plate targets
- Fixed configuration during 1 cycle
- Not in use, not in sight (not stored on the table)
- Set of parts for 1 facility stored together & only 1 set in table

Optimized for planned use

- All parts have an assigned location
- All parts are within reach
- All locations are labelled

DETAIL DESIGN - ISOTOPE TABLE



BASIC DESIGN - COLOUR CODE OLD

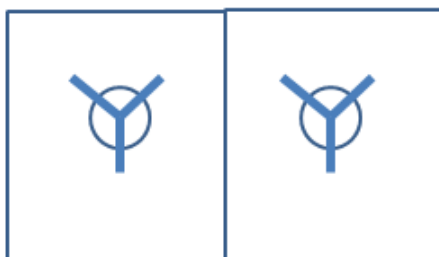
Target	Vault	Transport box	Work order	Check-out	Tool storage	Loading tools
MM HEU	Red	Yellow-Orange	Blue	none	none	none
MM LEU	Yellow	Yellow	Light Green	none	none	none
IRE HEU	Red	Red	Blue	none	none	none
IRE LEU	Yellow	Yellow-Orange	Light Green	none	none	none

BASIC DESIGN - COLOUR CODE NEW

Target	Vault	Transport box	Work order	Check-out	Tool storage	Loading tools
MM HEU						
MM LEU						
IRE HEU						
IRE LEU						

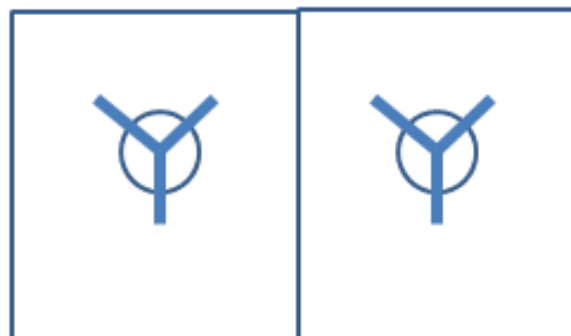
DETAIL DESIGN - TARGET VAULT

Kluis 2:



IRE LEU	
IRE LEU	
IRE HEU	
NRG HEU	
NRG HEU	
NRG LEU	

Kluis 2:



IRE LEU	
IRE HEU	
MM HEU	
MM HEU	
MM LEU	
MM LEU	

DETAIL DESIGN - TRANSPORT BOXES



Built in calibre to check if you have the right targets
Transparent boxes, so you can see the inside

DETAIL DESIGN - TOOL STORAGE



DETAIL DESIGN - LOADING TOOLS



DETAIL DESIGN - OPERATIONAL DOCS

Check-outs and loading procedures

	Check-out Mykonos koelwaterbewaking (TP-267)	Documentnummer NO-O-HFR-OD-1019
		Versienummer 44,0
<small>Afdrukken zonder waarmerk van een documentbeheerder zijn niet beheerd.</small>		
<h2>MM HEU</h2>		
Vertrouwelijkheid	NRG intern	
Doelstelling	Check-out Mykonos koelwaterbewaking (TP-267)	
Doelgroep	HFR Operations	

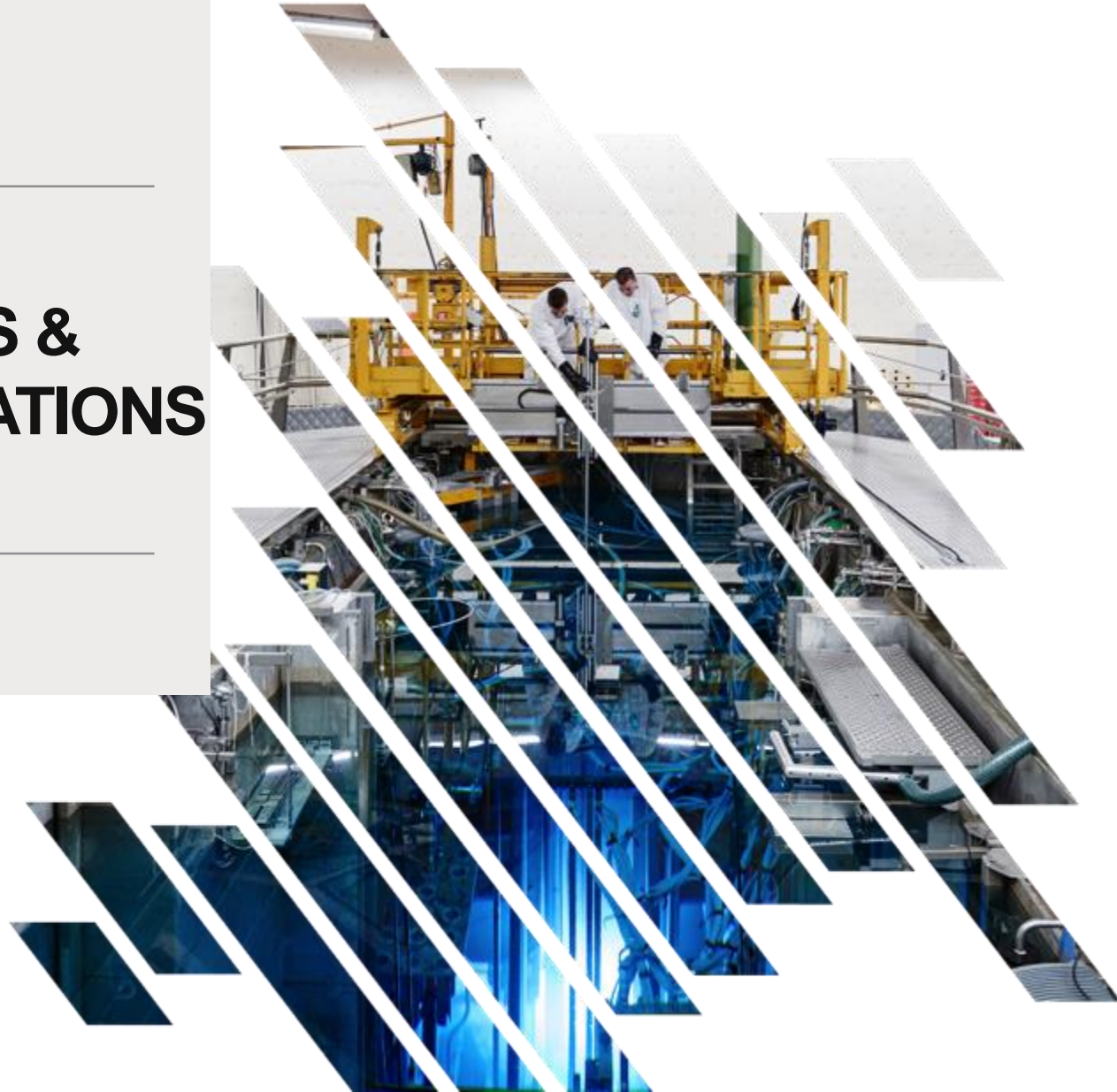
CLOSE-OUT - PROCES

Human Centred Design

- Evaluation: ask for user feedback after implementing the design
- No major points – users are very enthusiastic
- User very appreciative of aftercare



CONCLUSIONS & RECOMMENDATIONS



CONCLUSIONS

- Implement a design process targeted towards production lines instead of irradiation rigs (DSR)
- Set up a assessment framework for the design of production lines
- Add HFE as a required competence in the organisation
- Asses the HFE main features' impact early on in the design process
- Let go of the linear design process, allow for iteration
- Add the voice of the user to client meetings

RECOMMENDATIONS

Add an assessment framework for production to the current framework for Nuclear Safety

- Ergonomics
- Efficiency
- Quality and reliability

Allow this assessment framework to fit a design process that incorporates:

- Early prototyping
- Quick iteration cycles
- User feedback