



ENVIRONMENTAL REHABILITATION OF ABANDONED MINES IN PORTUGAL

Introduction

Considering

- National Environmental Act (1987)
- Mining Licensing (Decree-Law 90/90)
- Amsterdam Treaty (1997)
- Community Support Frameworks (CSF)

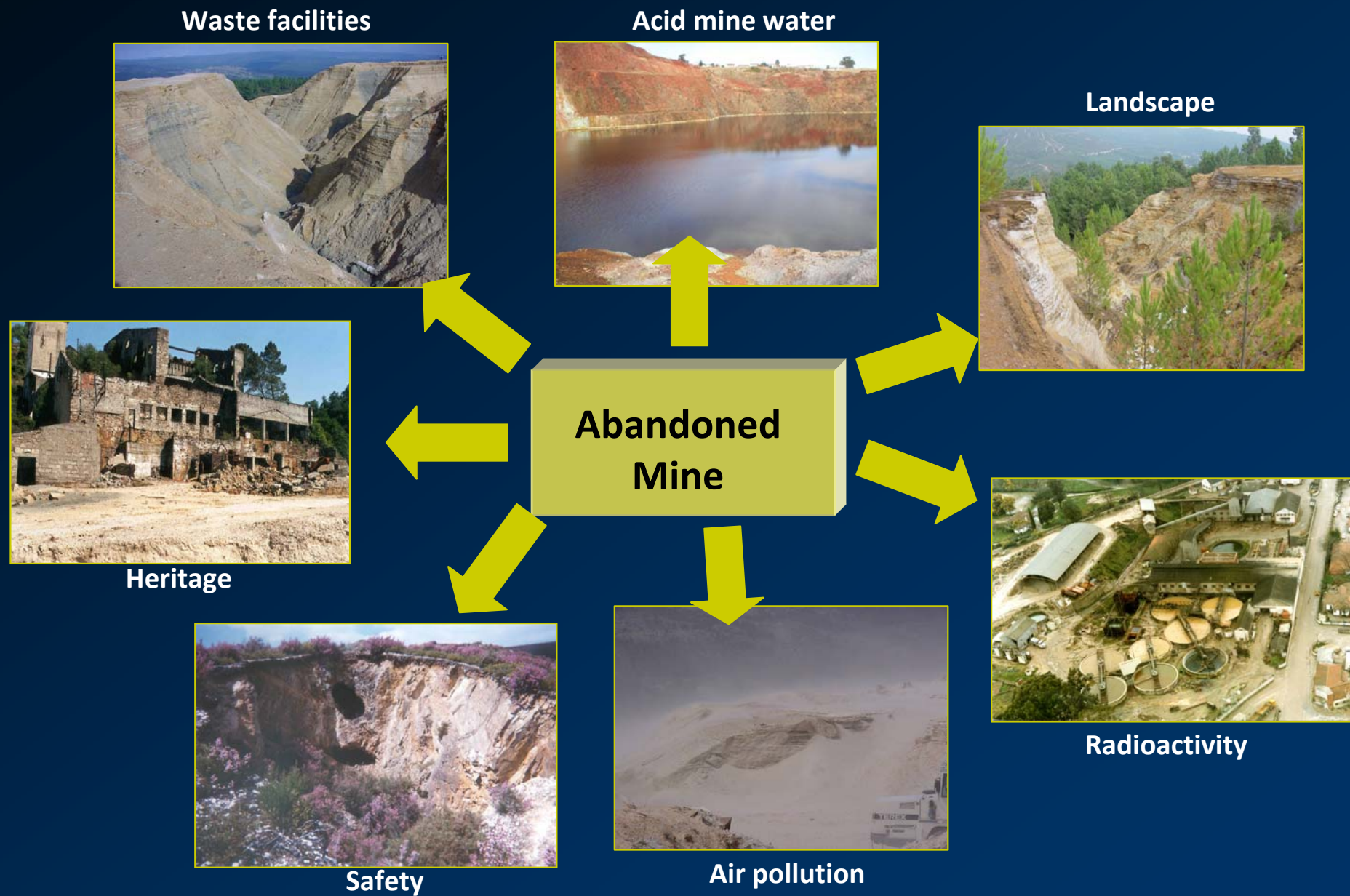
In 2001, the Portuguese Government confers to EXMIN / EDM (Decree-law 198A/2001) the public service concession for the environmental rehabilitation of abandoned mines

The Concept of Abandoned Mines

Decree-law 198-A/2001:

- Old and deteriorated mines that constitute a potential public health or environmental risk, requiring the State intervention, namely:
 - Mines whose concession reverted to the State or whose owner is bankrupted
 - Mines that started activity before the current licensing legislation and closed until 16-03-1990
 - Radioactive mines (public interest in rehabilitation)

The Concept of Abandoned Mines



Mining Industry in Portugal

Phoenicians and Romans

1. Gossan type oxidation zones and gold-bearing placers
2. Gold and polymetallic sulphide vein deposits

Mineral Resources: Cu-Au-Ag and Fe-Cu-Sn

Middle Age

1434 – D. Duarte I

Mining Act – 1st concessions

Industrial Revolution and 20th century

Neves Corvo Mine

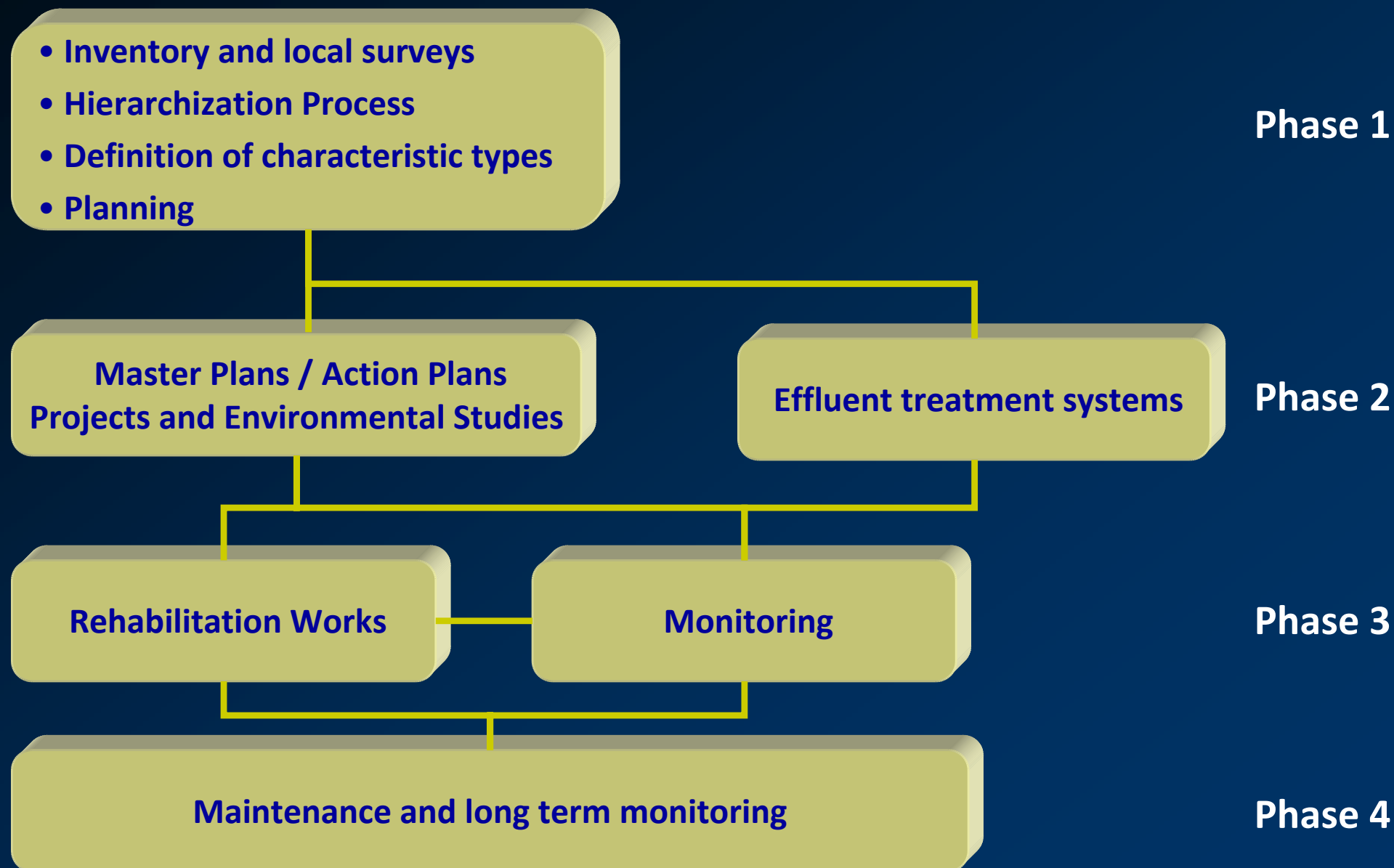


Inventory of Abandoned Mines



Mineral	Number of mines	Major Group
Tin and Tungsten	40	Metallic minerals
Basic Metals	28	
Gold	12	
Iron and Manganese	16	
Polymetallic sulphides	10	Polymetallic sulphides
Radioactive	61	Radioactive
Coal	3	-
Asbestos	1	
Others	4	
Total	175	

Environmental rehabilitation of abandoned mines in Portugal



Inventory of Abandoned Mines - Descriptive Record

- Location
- Concession date and operating period
- Excavation type (surface mining and/or underground mining)
- Geomorphology
- Nearby populations

FICHA DE MINA ABANDONADA			
Designação da mina:	QUINTA do BISPO		
Grupo:	Radioactivos		
Nº de Cadastro:			
Ano da concessão	Período de laboração	1979 / 11.1987	
Área:	15,8 ha		
Localização:	Distrito: Viseu Concelho: Mangualde Freguesia: Mangualde		
Carta 1/25 000 N°	189/190		
Carta 1/50 000 N°	17 A / 17 B		
Coords. Hayford-Gauss:			
(Ponto Fictício)	M =	229 875	
	P =	400 875	
Tipo de lavra:	Céu aberto		
Enquadramento demográfico e geomorfológico			
Povoações	Nº habitantes*	Posição relativamente à mina	Contaminações provenientes da mina
Póvoa Espinho		A 0,8 km para SW	Nenhuma
Cunha Baixa		A 2,0 km para ESE	Nenhuma
Cubos		A 1,5 km para NE	Nenhuma
A mina da Quinta do Bispo, localiza-se numa região de relevo pouco pronunciado, em zona de cumeada controlada por duas linhas de água com direcção NE, a cotas médias de 430m. A mina situa-se em zona de depressão com direcção EW, e declive suave para o Rio Castelo. Zona relativamente isolada, sem pressões demográficas, apresenta nas vertentes E e W, áreas agricultadas. A mina está integrada numa extensa mancha de pinhal.			
* - Censos 2001			
Enquadramento hidrográfico			
Bacia hidrográfica do Rio Castelo, com direcção de drenagem NE/SW, afluente da margem direita do Rio Mondego, onde conflui a cerca de 7,5km. A mina localiza-se entre duas linhas de água, situadas a N e a S, tributárias e de regime torrencial do Rio Castelo. A linha de água onde são descarregadas as águas residuais não tem água durante o Verão, mas o Rio Castelo é de carácter permanente. O nível freático situa-se entre os 2 e 5 metros; o escoamento subterrâneo drena para Este, em direcção à ribeira Castelo. Permeabilidade das rochas ocoentes varia entre 1,2"E-7 e 9"E-8 m/s. Utilização da água do Rio Castelo e de água subterrânea extraída em cerca de 6 poços a NE e E da mina para rega de terrenos agrícolas.			
situa-se em zona de depressão com direcção relativamente isolada, sem pressões demográficas agricultadas. A mina está integrada numa extensa			
* - Censos 2001			

Viseu	
Mangualde	
Mangualde	

LOCALIZAÇÃO GERAL

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA MINEIRA QUINTA DO BISPO

Inventory of Abandoned Mines - Descriptive Record

- Geologic and Hydrographic survey
- Environmental impacts (soil, water, air)
- Safety issues
- Photos

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	
A unidade geológica dominante na região é o granito de grão médio a grosseiro, de duas micas, apresentando por vezes fenocristais de feldspato e abundantes diferenciações pegmatíticas. Encontra-se muito alterado por caulinitização e com intensas impregnações ferruginosas e/ou hematização, esta em simples pontuações ou em pequenas manchas de cor vermelha sanguínea. Também diversos retalhos de metassedimentos do C.X.G. que apresentam um folio de contacto, por vezes autênticos migmatitos. Este jazigo situa-se no contacto de metassedimentos, persistindo neste a direcção de xistoidade a qual N85°W com inclinação de 59°. Estes enclaves são constituídos por xistos argilíferos, ferruginosos, metamorizados por contacto e alterados. O principal sistema de direcção geral N45°W, com enchimento argiloso. A mineralização é constituinte de torbernite e minerais negros de urânio, disseminados na zona de contacto, quer nos granitos. Nos metassedimentos ocorrem disseminações de sulfuretos metálicos.	

Caracterização radiológica			
Equipamento:	Radiação Externa: EM-Type 6-80 (μSv/h) Radiometria de superfície: SPP2 (c/s)		
Coordenadas	Radiação Externa	Radiometria de Superfície	
	Dose Absorvida (μGy/h)	(c/s) SPP 2	
Fundo radiológico medido a 400 e 800m do céu aberto.	0,208	170	
	0,184	140	

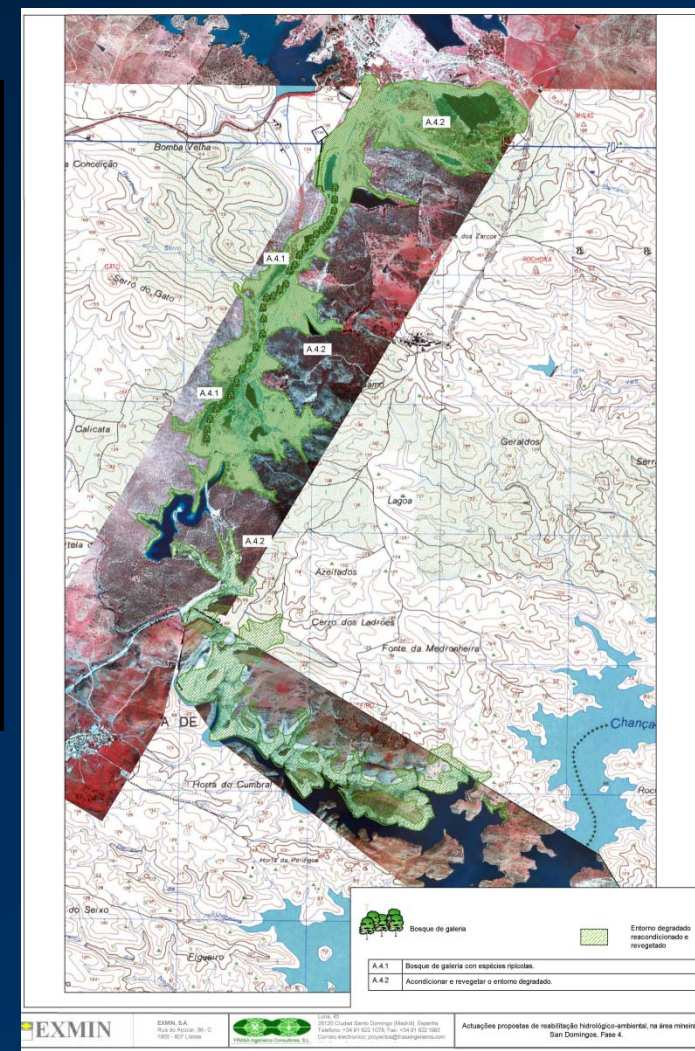
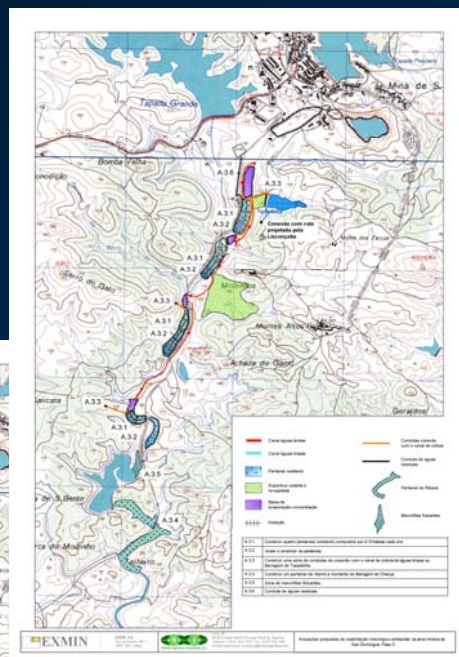
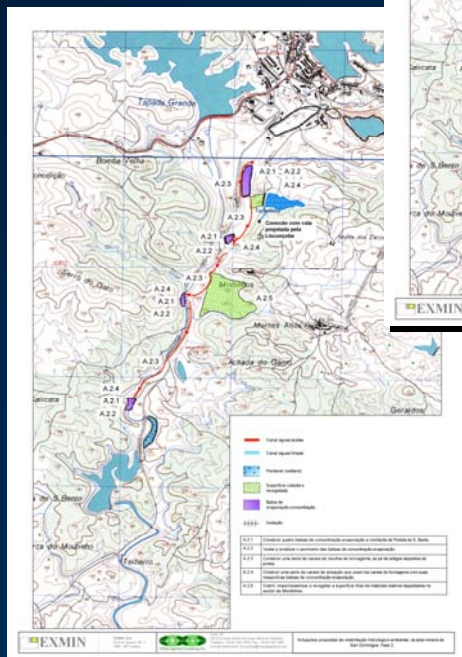
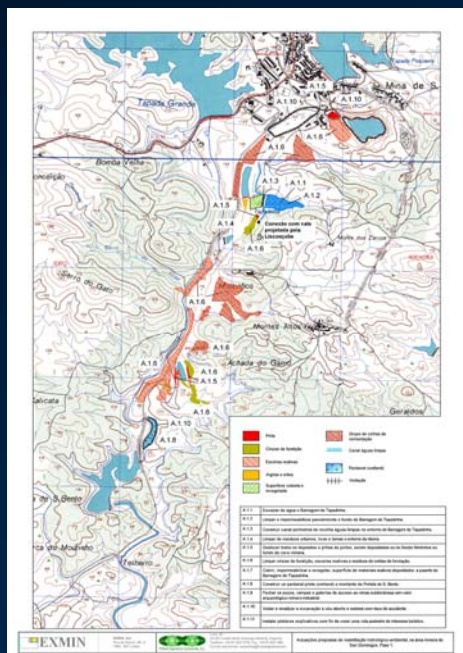
CONTAMINAÇÕES QUÍMICAS	
Solos	A área de solos ocupada com as escombreiras de estéril e minério pobre é de 70% de sulfuretos nestes materiais induz quando oxidados, ao aparecimento de soluções capazes de movimentar geoquimicamente os metais pesados das redes cristalinas. O potencial de contaminação de solos com metais pesados e elementos radioactivos escombreira de estéril e bacias de decantação, bem como nas áreas adjacentes transportadas pelo vento e pelas escorrências superficiais.
Águas e Ar	Na corte deste céu aberto procedeu-se ao tratamento por lixiviação de imersão desta mina e de outras da região. Presentemente estas águas ácidas estão em fase de tratamento e existe um elevado potencial de contaminação do Rio Castelo, pelas águas tratadas e aí descarregadas. O aquífero subterrâneo e o superficial encontram-se infiltrados da água de escombreiras de lixiviados ácidos a partir das escombreiras de tratamento das águas residuais, e ainda por possíveis extravasamentos das bacias de decantação principalmente em época de chuvas intensas. As águas subterrâneas profundas contaminadas devido ao contacto com os minérios e resíduos acidulados usados.

CARACTERIZAÇÃO DE EFLUENTES:	
Equipamento:	Multiline P3 pH/LF S
Local 1	Piezómetro 1, com profundidade 81,0m
Local 2	Piezómetro 2, com profundidade 73,0m
Local 3	Piezómetro 3, com profundidade 76,5m
Local 4	Piezómetro 4, com profundidade 91,0m
Local 5	Piezómetro 5, com profundidade 77,5m
Local 6	Piezómetro 6, com profundidade 33,0m
Local 7	Piezómetro 8, com profundidade 30,0m
Local 8	Piezómetro 9, com profundidade 31,0m
Local 9	Piezómetro 10, com profundidade 31,0m
Local 10	Piezómetro 11, com profundidade 37,0m
Local 11	Piezómetro 12, com profundidade 66,0m
Local 12	Piezómetro 13, com profundidade 69,0m
Local 13	Piezómetro 17-A, com profundidade 42,0m

Observações:	
Os valores para a dose absorvida encontrados, quer no local e imediações onde se processou a lixiviação de minérios ricos de Sevilha, quer onde estes minérios foram empilhados, (Unidade C), são demonstrativos dos fortes impactos que estes resíduos produzem. A escombreira de estéril apresenta valores condizentes com este tipo de materiais com baixos teores de urânio, típicos de um fundo anómalo (unidade B). De igual modo toda a restante área mineira (unidade A), evidencia uma contaminação resultante da movimentação dos resíduos e pequenos "stocks".	

S. Domingos

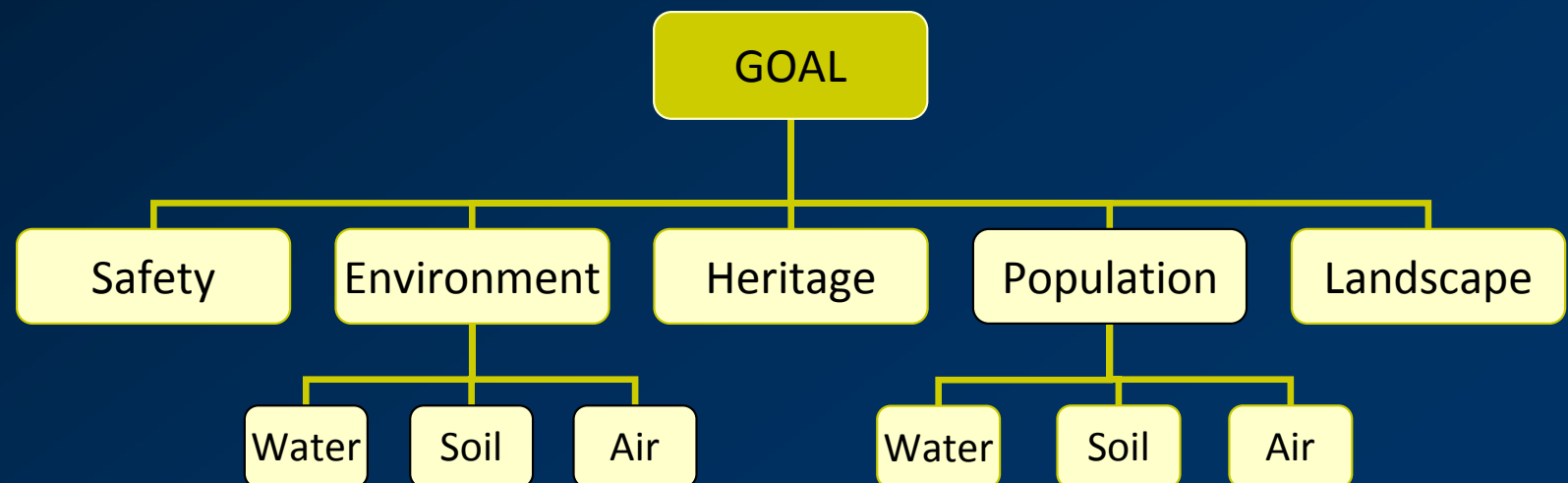
- Hydrogeologic study
- Dam monitoring
- Fencing of open pits



Hierarchization Process

The Analytic Hierarchy Process (AHP) relies on three fundamental principles:

- ☐ **Decomposing**
- ☐ **Weighing**
- ☐ **Evaluating**



Analytical Hierarchy Process (AHP)

Global Value for each inventoried mine

Number	Mine	Global Value
1	Urgeiriça	0,0548
2	Aljustrel	0,0505
3	São Domingos	0,0465
4	Covas	0,0441
5	Cunha Baixa	0,0412
6	Bica	0,0394
7	Quinta do Bispo	0,0382
8	Lousal	0,0347
9	S. da Caveira	0,0322
10	S. ^a das Fontes	0,0322
11	Argozelo	0,0289
12	Montesinho	0,0274
13	Vale da Abrutiga	0,0234
14	Mondego Sul	0,0234
15	Ferreiros	0,0217
16	Vale D'Arca	0,0184
17	Santo António	0,0182
18	Fonte Santa	0,0167
19	Antiga Fábrica Barracão	0,015
20	Murçós	0,0148
21	Vale das Gatas	0,0147
22	Borralha	0,0144
23	H. Gouveia de Baixo	0,0142
24	Ribeira do Bôco	0,0142
25	Terramonte	0,0137
26	Vales	0,0137
27	Tuela	0,0136
28	Chança	0,0136
29	Rosmaneira	0,0134
30	Jales	0,0131

Number	Mine	Global Value
31	Mata da Rainha	0,0123
32	Castelejo	0,0119
33	Alto da Várzea	0,0105
34	Carrasca	0,0104
35	Agrupamento C	0,0102
36	Pinhal do Souto	0,0101
37	Reboleiro	0,0098
38	Freixiosa	0,0091
39	Forte Velho	0,0087
40	Maria Dónis	0,0087
41	Ribeira	0,0086
42	Freixeda	0,0084
43	Picoto	0,0084
44	Cruz da Faia	0,0084
45	Adória	0,0083
46	Espinho	0,0075
47	Barrôco I	0,0071
48	S. Domingos Moreira de Rei	0,0071
49	Pousadela	0,007
50	Barrôco D. Frango	0,007
51	Mestras	0,0068
52	Rio de Frades	0,0067
53	Agrupamento A	0,0067
54	Orada	0,0064
55	Canto do Lagar	0,0063
56	Pera do Moço	0,0061
57	Agrupamento B	0,006
58	Azenhas	0,0053
59	Ceife	0,0051
60	Chãs	0,0045

Analytical Hierarchy Process (AHP)

Cost-benefit analysis

Number	Mine	Global Value	Cost €	Cost-Benefit (x10 ⁹)
1	Ferreiros	0,0217	60.000	361,7
2	H. Gouv. de Baixo	0,0142	50.000	284
3	Mata da Rainha	0,0123	60.000	205
4	A. Fab. Barracão	0,015	80.000	187,5
5	Carrasca	0,0104	60.000	173,3
6	Freixiosa	0,0091	60.000	151,7
7	Cruz da Faia	0,0084	60.000	140
8	Pousadela	0,007	50.000	140
9	Murçós	0,0148	120.000	123,3
10	Pinhal do Souto	0,0101	85.000	118,8
11	Vale das Gatas	0,0147	125.000	117,6
12	Mestras	0,0068	60.000	113,3
13	Pera do Moço	0,0061	60.000	101,7
14	Vales	0,0137	150.000	91,3
15	Jales	0,0131	150.000	87,3
16	Chãs	0,0045	60.000	75
17	S.D. Moreira de Rei	0,0071	100.000	71
18	Freixeda	0,0084	120.000	70
19	Agrupamento C	0,0102	150.000	68
20	Chança	0,0136	200.000	68
21	Agrupamento B	0,006	100.000	60
22	Borralha	0,0144	250.000	57,6
23	Rio de Frades	0,0067	120.000	55,8
24	Azenhas	0,0053	100.000	53
25	Barrôco D. Frango	0,007	140.000	50
26	S. da Caveira Barragem	0,0032	64.600	49,5
27	Canto do Lagar	0,0063	130.000	48,5
28	Tuela	0,0136	300.000	45,3
29	Adória	0,0083	200.000	41,5
30	Ceife	0,0051	125.000	40,8
31	Ribeira do Bôco	0,0142	370.000	38,4
32	Espinho	0,0075	200.000	37,5
33	Covas	0,0441	1.179.000	37,4
34	Ribeira	0,0086	250.000	34,4

Number	Mine	Global Value	Cost €	Cost-Benefit (x10 ⁹)
35	Montesinho	0,0274	850.000	32,2
36	Bica	0,0394	1.229.300	32,1
37	Maria Dónis	0,0087	280.000	31,1
38	Alto da Várzea	0,0105	350.000	30
39	Argozelo	0,0289	1.000.000	28,9
40	Fonte Santa	0,0167	600.000	27,8
41	Agrupamento A	0,0067	250.000	26,8
42	Orada	0,0064	250.000	25,6
43	Barrôco I	0,0071	290.000	24,5
44	Mondego Sul	0,0234	1.000.000	23,4
45	V. da Abrutiga	0,0234	1.000.000	23,4
46	Reboleiro	0,0098	500.000	19,6
47	Picoto	0,0084	450.000	18,7
48	C. Baixa	0,0412	2.224.000	18,5
49	S. ^a das Fontes	0,0322	2.200.000	14,6
50	S. da Caveira OC	0,029	2.000.000	14,5
51	Lousal	0,0347	2.556.900	13,6
52	Terramonte	0,0137	1.040.000	13,2
53	C.Baixa-Q.Bispo-Espinho	0,0869	6.874.000	12,6
54	Q. do Bispo	0,0382	4.450.000	8,6
55	Aljustrel F1-F3	0,0253	3.110.300	8,1
56	São Domingos P 1	0,0039	509.300	7,7
57	São Domingos P 3	0,0152	2.000.000	7,6
58	São Domingos P 2	0,0089	1.173.500	7,6
59	Santo António	0,0182	2.400.000	7,6
60	Vale D'Arca	0,0184	2.944.000	6,3
61	Aljustrel F4-F5	0,0227	3.693.000	6,1
62	Rosmaneira	0,0134	2.200.000	6,1
63	Urgeiriça B. Velha	0,0336	5.720.200	5,9
64	Urgeiriça B. Nova+	0,0212	3.616.200	5,9
65	Forte Velho	0,0087	1.800.000	4,8
66	Castelejo	0,0119	3.000.000	4
67	São Domingos OC	0,0186	8.000.000	2,3
68	Aljustrel Compl.	0,0025	1.800.000	1,4

Rehabilitation Plan until 2013

Groups	Inventoried mines	Planned Intervention
Radioactive mines	61	56
Metallic minerals and polymetallic sulphides	114	40
Total	175	96

Groups	Investment (Euros)							Total
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Radioactive mines	1 650 000	5 546 500	10 499 500	10 954 000	12 300 300	11 284 000	7 766 000	60 000 000
Metallic minerals and polymetallic sulphides	2 422 007	8 682 008	8 842 009	9 452 010	10 672 011	11 282 012	6 662 013	58 000 000
Total	4 072 007	14 228 508	19 341 509	20 406 010	22 972 011	22 566 012	14 428 013	118 000 000

Relevant Rehabilitation Works

Metallic Minerals

- Jales
- Argozelo
- Montesinho

Polymetallic Sulphides in the Iberian Pyrite Belt

- São Domingos
- Aljustrel

Radioactive Mines

- Espinho
- Valinhos
- Vale da Abrutiga
- Industrial Area and Tailings Dam in Urgeiriça

Jales (Gold mine) before rehabilitation



Jales (Gold mine) after rehabilitation



11:10

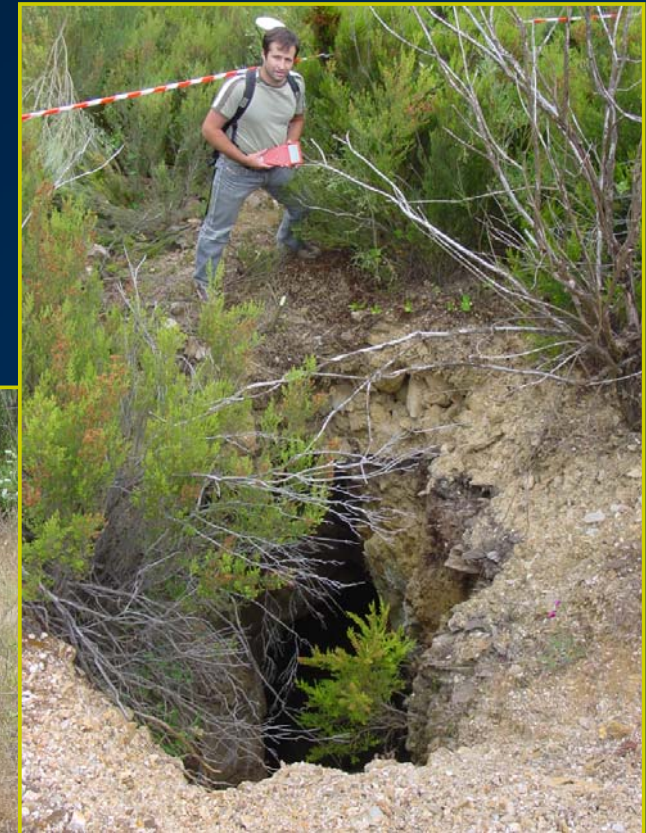
Argozelo (W-Sn mine) before rehabilitation



Argozelo (W-Sn mine) after rehabilitation



Montesinho (W-Sn mine) before rehabilitation



Montesinho (W-Sn mine) after rehabilitation



São Domingos mine before rehabilitation



São Domingos mine after rehabilitation



Aljustrel mine before rehabilitation



Aljustrel mine after rehabilitation



Espinho (uranium mine) before rehabilitation



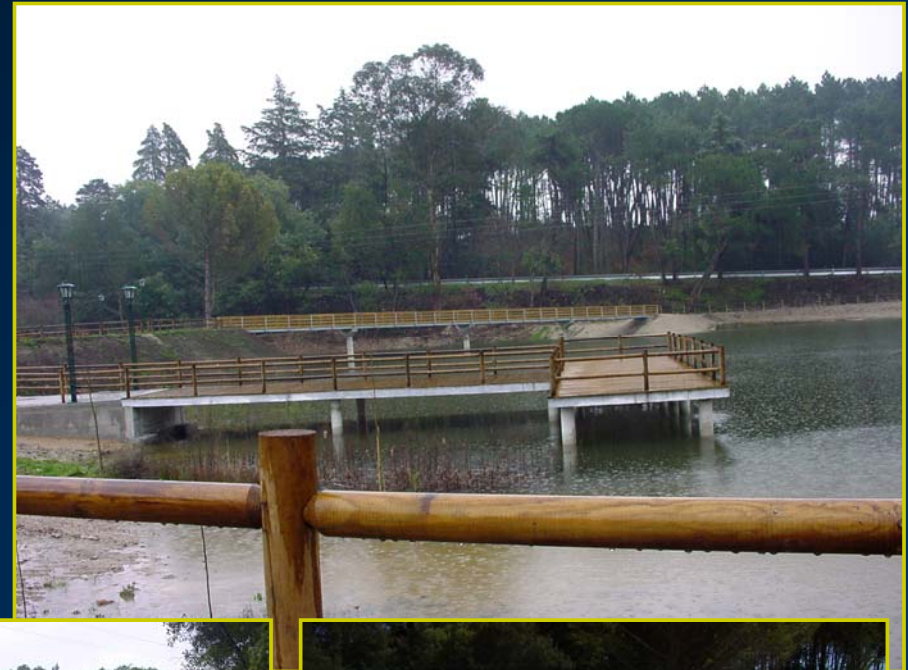
Espinho (uranium mine) after rehabilitation



Valinhos (uranium mine) before rehabilitation



Valinhos (uranium mine) after rehabilitation



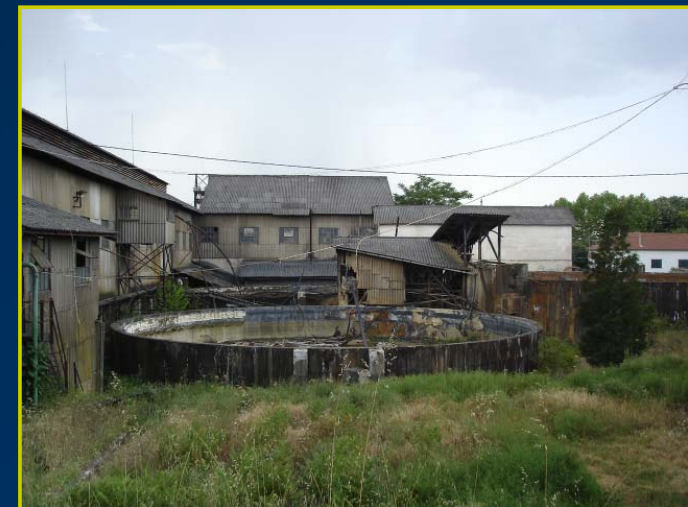
Vale da Abrutiga (uranium mine) before rehabilitation



Vale da Abrutiga (uranium mine) after rehabilitation



Urgeiriça (uranium mine) before rehabilitation



Urgeiriça (uranium mine) after rehabilitation



Urgeiriça tailings dam after rehabilitation



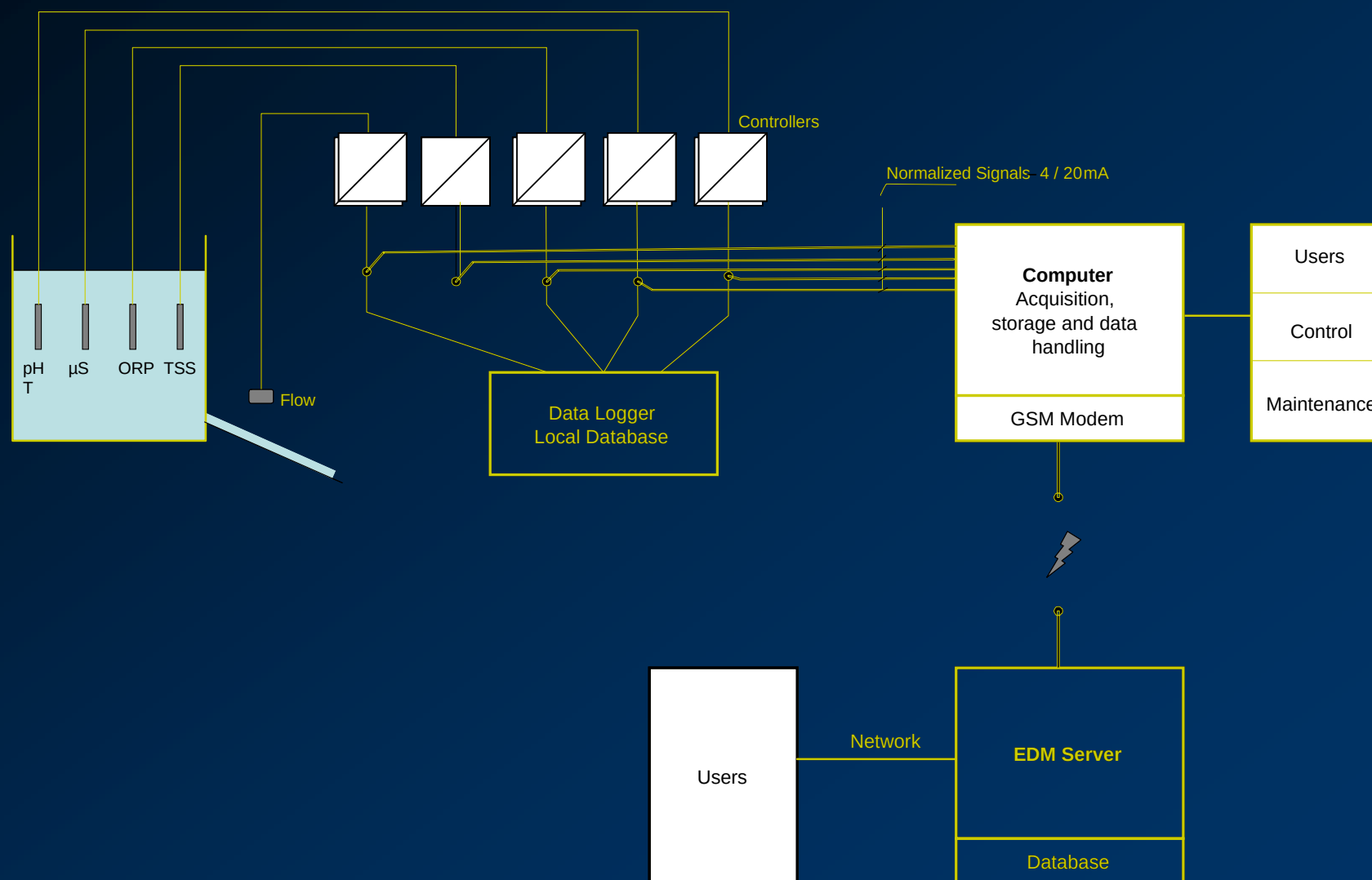
Urgeiriça industrial area after rehabilitation



Environmental monitoring



Treated effluent – continuous monitoring

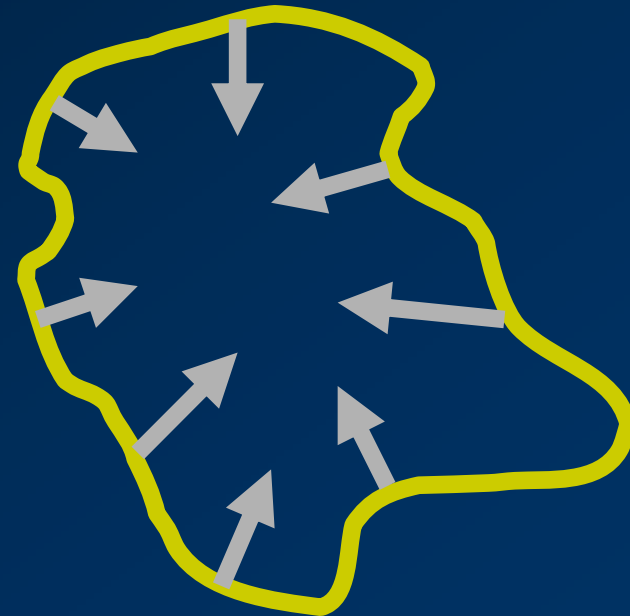
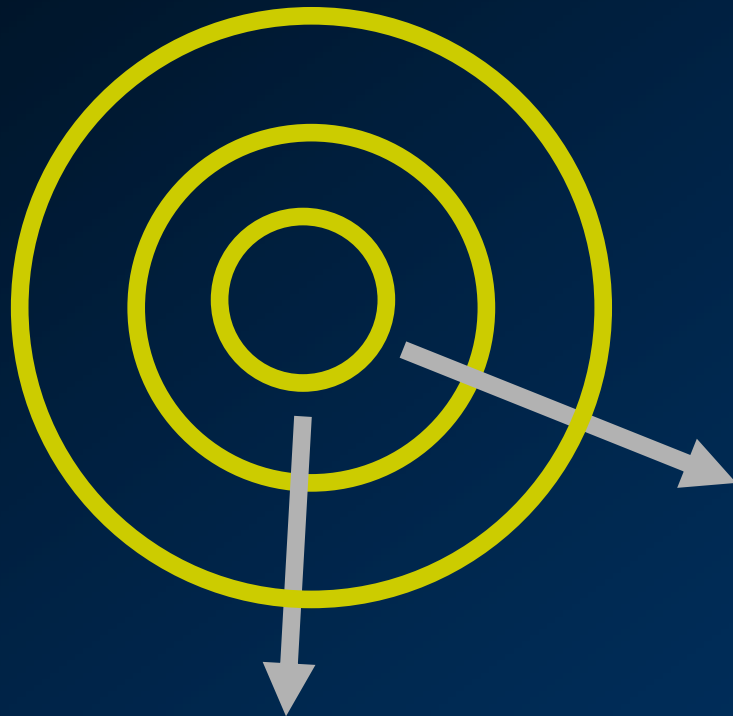


Important Remarks

New installation

K

Abandoned Mine



Conclusions and Recommendations

- Abandoned mine **different** from abandoned waste facility
- Holistic and multidisciplinary solutions
- Consider the contamination plume in the proposal on mine waste facility pre-selection
- Legislation framework for environmental rehabilitation of abandoned mines
- Maintenance and long term monitoring