

# OUDE OERAALSE IJZERGIETERIJEN (1)



SERGEI V. USTIANTSEV

**Maquette 18e eeuwse toestand van het hoofdzakelijk in hout opgetrokken gebouwen van de *Verskh-Isetsky*-gieterij, Hier is duidelijk de stuwdam met overloop zichtbaar met op de voorgrond de hoogoven en op de achtergrond smederijgebouwen waarvoor waterwielen de drijfkracht leverden. (links)**

(maquette Museum *Verskh-Isetsk*, foto Guido Deseyn, Evergem)

**Maquette 18e eeuwse toestand van het *Verskh-Isetsky*-bedrijf. De werkplaatsen aangesloten op waterkracht zijn hier duidelijk zichtbaar. (links)**

(maquette Museum *Verskh-Isetsk*, foto Guido Deseyn, Evergem)

**I**n 2001 zal de zware industrie van de Oeral haar 300jarig jubileum vieren. De vroegste voorbeelden van de - voor die tijd grootschalige - metaalindustrie, *Nevianskyen Kamensky*, klimmen op tot 1701. In het begin der 19e eeuw werkten alleen al in het Oeralgebied 104 ijzergieterijen. Een groot gedeelte ervan, waaronder de befaamde gieterijen van *Verkh-Isetsky*, *Seversky*, *Neviansky*, werden opgericht in het begin van de 18e eeuw en bleven tot op de dag van vandaag in gebruik. Voortdurend herbouwde men er de ateliers, verving men de verouderde installaties door moderne, veranderde herhaaldelijk het productieprofiel. Toch bleef het hoofdbestanddeel van concept en uiterlijk van de Oeraalse bedrijven onveranderd, wat hen herkenbaar maakte en identiek aan elkaar. Deze hoofdbestanddelen waren de hydrotechnische constructies, kunstmatige stuwmeren en dammen.

## DE BIJDRAGE VAN DE OERAL TOT DE INDUSTRIËLE REVOLUTIE

**M**olenstuwmeren en -dammen maakten gewoon deel uit van het stedelijk landschap van het merendeel der oude Oeraalse steden en nederzettingen. Op het grondgebied van *Ekaterinburg*, hoofdstad van de Oeral, liggen niet minder dan drie dergelijke sites. Vele jaren geleden voorzagen ze

de metaalverwerkende bedrijven van *Verkh-Isetsky*, *Ekaterinburgsky* en *Nizhne-Isetsky* van waterkracht.

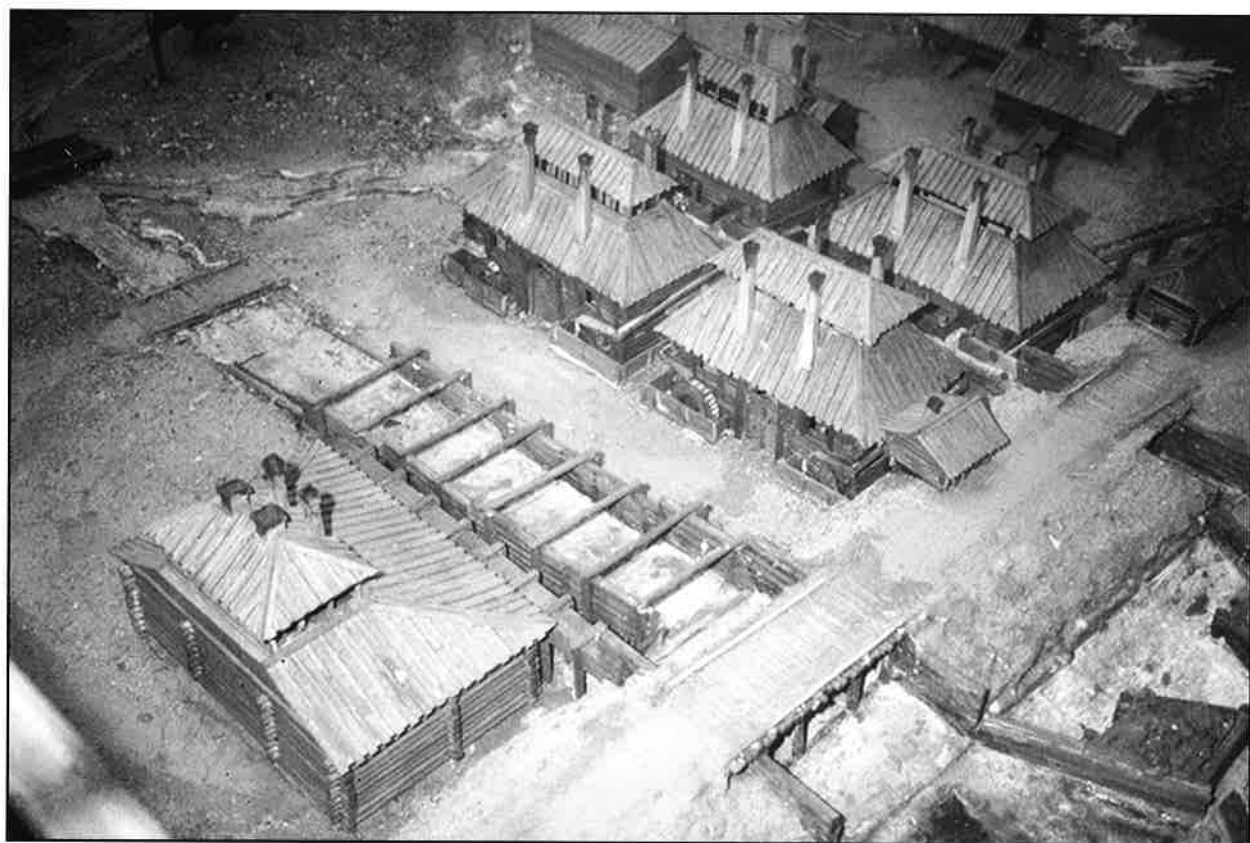
Het aantal dammen opgetrokken om metaalverwerkende bedrijven aan te drijven bedroeg in de 18e-19e eeuw meer dan tweehonderd. De meeste onder hen bestaan nog tot op de dag van vandaag zonder noemenswaardige wijzigingen. Ze verloren hun bestaansredenen, in sommige gevallen verdwenen zelfs de bedrijven waarvoor ze bedoeld waren. De stuwmeren zijn getransformeerd tot grote waterreservoirs voor de drinkwatervoorziening, of voor recreatieve doeleinden. Heden vormen deze hydrotechnische realisaties de monumentale getuigen van de 18e-19e industriële activiteit.

De bedrijfsstuwmeren en dammen zijn de meeste verspreide en meest attractieve monumenten van het industrieel erfgoed in het Oeralgebied. De metallurgische technologie toegepast in de Oeral was identiek aan deze der andere Europese landen, het belangrijkste verschil lag eerder in de immense schaal waarop dit hier gebeurde dan in de details.

Bijna geen enkel ander Europees land kende een metaalverwerkende nijverheid met een dergelijke grote productiecapaciteit als de Oeral bij de overgang van 18e naar 19e eeuw.

De grote verwezenlijkingen van de 18e eeuwse Oeraalse industrie waren, in vergelijking met de Westeuropese industrie en los van de technische innovaties, voornamelijk gebaseerd op een veel groter

# HET GEBRUIK VAN WATERKRACHT IN DE



potentieel aan drijfkracht. Dit was in de eerste plaats te danken aan de originele, onnavolgbare inplanting der hydrotechnische constructies, en dan vooral dan aan de dammen en stuwmeren.

Het belangrijkste onderscheid tussen de dammen van de Oeral en deze van de rest van de Europese wereld is gelegd door ingenieur en prominent mijnontginner *Willem de Gennin* in het prille begin van de 18e eeuw. Geboren in Amsterdam, had hij de meeste Westeuropese bedrijven herhaaldelijk bezocht en bezat daardoor een adequaat en gekwalificeerd inzicht in hun problemen.

Volgens *de Gennin's* beschrijving waren op dat ogenblik in Duitsland twee systemen van waterkracht in gebruik.

Bij de eerste methode werd een site gekozen langsheen een rivier met een sterk waterval, en groef men daar een kanaal tot zulkdanig niveau "... zo dat op diens einde de bedding hoger kwam te liggen dan het waterwiel, zodat het neerstromende water het wiel in beweging zet".

De tweede methode impliceerde de constructie van een stenen dam waarbij grote vierkante of rechthoekige stenen werden gebruikt. Om het geheel te verstevigen klonk men de stenen aan elkaar vast door middel van ijzeren krammen, waarvan de uiteinden in lood zijn gevat. De dam moest goed bestand zijn tegen de druk van het hoge water in de lente : ijs en springvloed overspoelden de dam waarbij alle zwakke plekken verwoest werden. Het water voor aandrijving van installaties en machineaandrijving werd, net als bij de eerste methode, omgeleid via een speciaal daartoe gedolven kanaal.

Bij geen van de twee methodes werden echter grote waterreservoirs aangelegd, in het tweede geval genereerde de dam slechts de overlaat van het waterniveau. De kracht van het stuwwater werd niet gebruikt, wat de productiviteit van een bedrijf substantieel verminderde. Nochtans had het Europese systeem ook zijn voordelen : de ateliers werden opgetrok-

ken op een plat en stevig stuk terrein naast het rivierbed, en alle door waterkracht aangedreven mechanismen konden het gehele jaar door draaien.

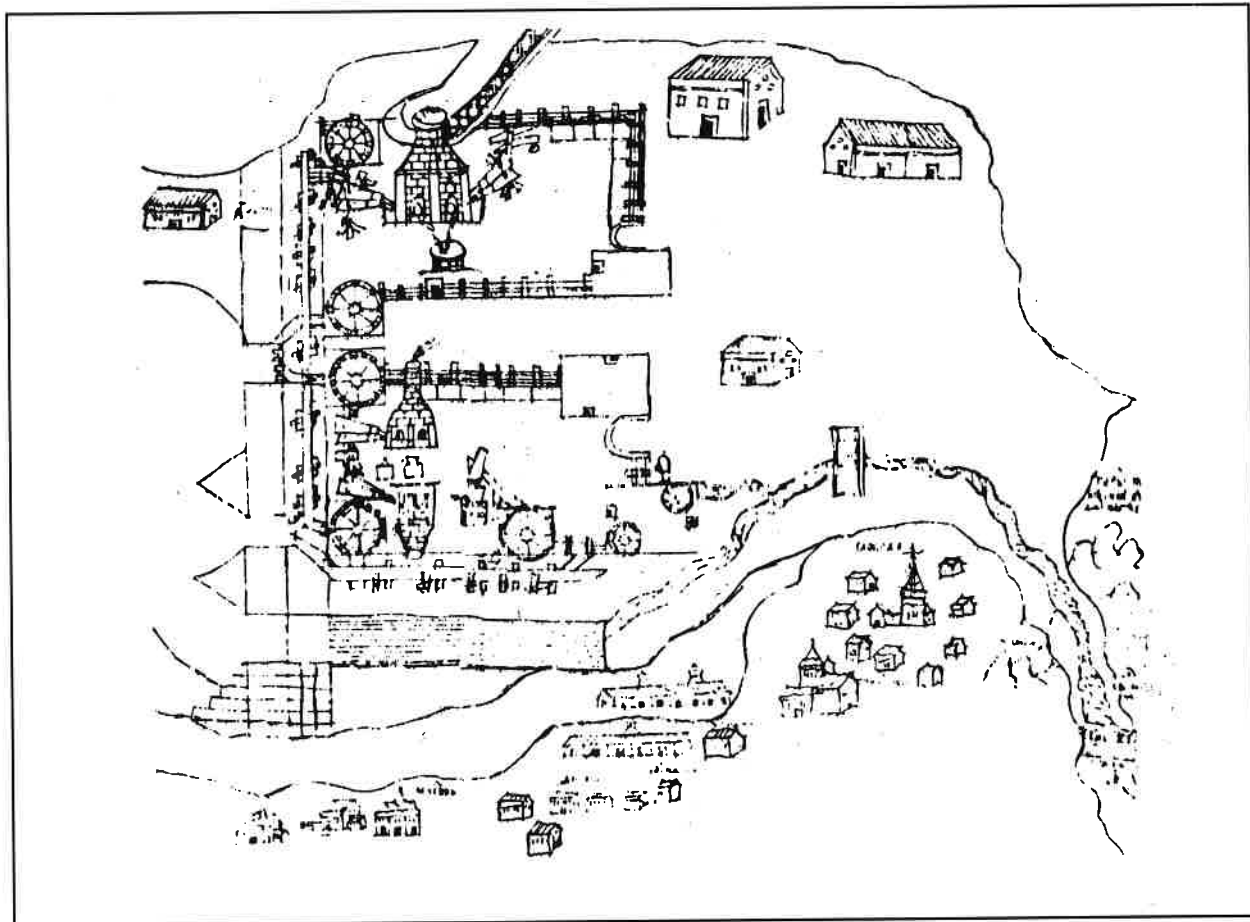
## SUCCESVOLLE HYDROTECHNOLOGIE AAN HET ANDERE EINDE VAN DE WERELD...

**D**e bouwers van de hydrotechnische constructies in de Oeral, beoogden net als hun Europese collega's een maximum rendement van de waterkracht. Zoals *de Gennin* poneerde moest voor de bouw van een dergelijke dam deze delen van een rivier worden uitgezocht "... waar de navigatie onmogelijk is, de beide oevers steil en hoog, en zeker niet minder dan 5 à 6 sazhen, het waterval niet te groot en stroomopwaarts moest er een overlaat van het ingedamde water mogelijk zijn. Wanneer op een dergelijke plaats een dam van 4 sazhen hoog zou worden opgetrokken, zou deze moeten worden uitgerust met hoge tussenslagwaterwielen, omdat de onderslagraderen niet samengaan met waterwinning, en bij gesloten afvoerkanalen, het welwater wordt geaccumuleerd in een stuwmeer die voldoende waterkracht zou leveren gedurende het gehele jaar, zoals bijvoorbeeld in Ekaterinburg in Siberia, waar het water in de stuwmeer op 15 verstas afstand zou overstromen, waardoor de oever van het meer dan 30 verstas zou bedragen. In zulke grote stuwmeren koelt het water niet af door de diepte ervan, zodat het water in de kanalen altijd 5 arshins diep is, dus bovenaan de wielen blijft uitmonden. Daardoor is de druk op de wielen groter en bijgevolg zal een kleinere hoeveelheid water nodig zijn. Het is eveneens onnodig de toevoergoten met vuur te verwarmen opdat de wielen niet zouden bevriezen, omdat het water in de stuwmeer warm genoeg blijft.

*Een levendige illustratie hiervan is de rivier Iset' waarlangs alle bedrij-*

**Maquette van het site van Nevyansk (1701) met links in beeld stuwdam en -meer. Op de voorgrond de beide hoogovens waaronder de fameuze 'hoogoven van de tsaar' (links) en op de achtergrond het administratief gebouw met de 'scheve toren' en de (heden grotendeels verdwenen) hoofdkerk. (rechts)**

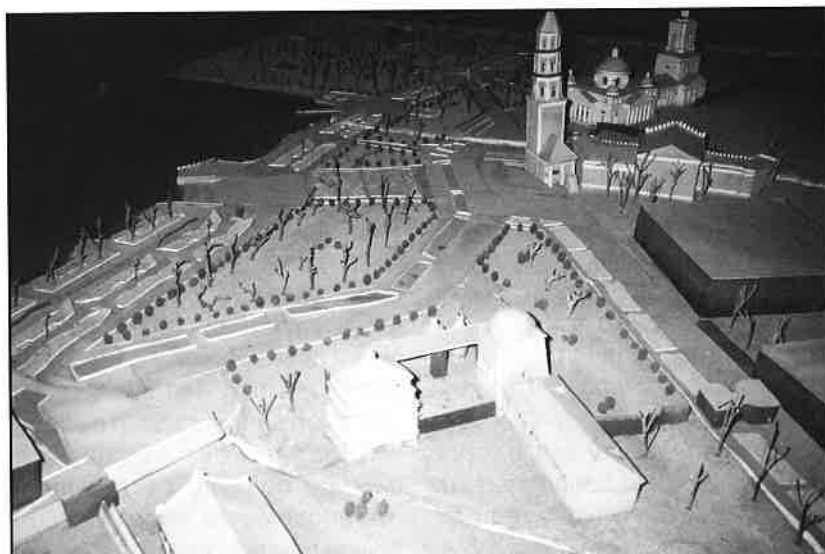
(foto Guido Deseyn, Evergem)



Eén der meest gedetailleerde 18e eeuwse voorbeelden van de hydrotechnologische inrichting van de Oeraalse ijzerverwerkingsbedrijven : dit van *Kamensky* (1701), ingericht door Engelse specialisten.

Hier zijn duidelijk achter de stuwdam (links) 2 kleine hoogovens en één grote, 'naar Engels model aangegeven, mét de aquaducten en bijhorende waterwielen voor de aandrijving der blaasbalgen of plethamers.

(Naar KURLAYEV E.A., *Archaeological research of the first Ural works*, 1990 e.v.)



ven van Ekaterinburg zijn ingepland, omdat indien zo'n dam er niet was gebouwd en door afwezigheid van zijbeken langsheen de rivier, nauwelijks 15 tussenslagraderen zouden kunnen draaien, terwijl er nu 50 operationeel zijn het gehele jaar door, zonder onderbreking. Hoewel er wel ijsvorming op de rivieren voorkomt, is dit erg dun en breekt bij de geringste wind, en het is praktisch verdwenen bij het bereiken van de afvoerkanalen, en dat allemaal omdat het wateroppervlak van de stuwmeren rustig is en de stroming gering..."

Bij de selectie van het site voor het optrekken van een dam, namen de Oeraalse specialisten de volgende voorwaarden in acht, naast de bovenstaande (nabijheid van steile rivieroeveren en de mogelijkheid van een overloop):

1. De aanwezigheid van bevaarbare waterwegen voor het transport van de afgewerkte producten naar de markten. Daarom waren vele bedrijven langsheen kleine rivieren gevestigd, niet te ver van hun uitmonding in grotere rivieren
2. De tweede voorwaarde was aanwezigheid van min of meer belangrijke houtskoolvoorraden dichtbij het bedrijf. Het vrachtvervoer van aanmaakhout of houtskool maakte het economisch mogelijk in een radius van 50-80 km het omliggend woud rond het bedrijf te exploiteren

3. de derde voorwaarde was gevolg van de exclusieve toepassing van waterkracht in de metaalverwerkende nijverheid en bestond uit een onvermijdelijke verdeling van de technische cycli tussen onderscheidene smelt- en affineerovens. Zelfs de voldoende sterke Oeraalse dammen konden onmogelijk voldoende gelijktijdige drijfkracht leveren voor simultane werking van de verschillende ovens en het aantal smidses, slaghamers, walserijen van overeenstemmende capaciteit. De uitbaters zochten zoveel mogelijk, zowel in West-Europa als in de Oeral, de locatie van de hoogovens zo dicht mogelijk bij de affinerings in te planten. De beste

inplanting was de oprichting langsheen dezelfde rivier, de hoogoven stroomopwaarts en de affineeroven verder stroomafwaarts. Zo werd de rivier niet alleen leverancier van drijfkracht, maar was hij ook transportmiddel tegelijkertijd. Het half-afgewerkt produkt, het ruwe ijzer, werd aldus zonder noemenswaardige kosten van een smeltoven naar een affineeroven gebracht. In analogie met de meeste Westeuropese bedrijven, zijn ook de ijzergieterijen uit de 18e eeuw in Centraal Rusland volgens dit scheme opgetrokken. Nochtans werd deze regel in de Oeral niet al te strikt gevolgd, het transport van het grootste gedeelte van de half-afgewerkte produkten gebeurde over land. Dit bracht voor de eigenaars der fabrieken geen al te hoge meerkosten met zich mee, omdat zij over goedkope slavenarbeid beschikten.

## DE INVENTIVITEIT VAN DE DAMMENBOUWERS

**O**m een beter idee van de planning en constructie methodes van de Oeraldammen te krijgen, kan supplementair aan het werk van *Willem de Genninde* opzoekingen van de Oeraalse ingenieur *P.P. Anosov* uit de eerste helft der 19e eeuw worden bestudeerd.

Eens de inplantingskeuze van een dam gemaakt, werd de teellaag (*löss*) tot op de moederbodem grondig verwijderd. Daarna werden de toekomstige onderdelen van de dam uitgezet en kon de constructie ervan beginnen. De meerderheid van de dammen in de Oeral is niet in steen opgetrokken, maar uit hout en klei. Voor dit doel werden blokken larkshout gebruikt omdat dit niet rot in natte gronden. Speciale aandacht ging naar de keuze van de klei.

*P.P. Anosov* benaderde dit als volgt: "...De klei mag niet zandig of steenachtig zijn : het vlugge doordringen van het water doorheen zand maakt het ongeschikt voor dit doel. Aanwending van te vette en soms zepige klei moet

*eveneens worden vermeden; omdat deze zo vet is kan hij gaan schuiven, of verkruimeld bij droogte. De klei die bij het drogen sterk vastkoekt en geen barsten vertoont wordt beschouwd als superieur..."*

In de loop van de constructie mocht de klei niet al te droog zijn omdat droge klei moeilijk 'pakt'. Tegelijkertijd kon de klei ook niet te nat zijn, zeer natte klei barst bij uitdroging. Daarom werden de dammen ook niet opgetrokken bij regenval.

Na opruiming van de teelaarde aan beide zijden van de uitgestoken funderingsgreppel over de volledige lengte van de toekomstige damkern, werden verschillende rijen boomstammen naast elkaar in de grond geheid. Twee gekruiste lagen ('*rezh'*) boomstammen werden op de heipalen aangebracht, waarbij ruimte werd uitgespaard voor de toekomstige overlaten en afvoerkanalen. De ruimte tussen het houten vlechtwerk werd in lagen klei opgevuld. Daarnaast werd aan de zijde van de toekomstige stuwmeer een glooiende oever van klei opgetrokken. Langs de zijde van het bedrijf werd de dam verstevigd met een borstwering, meestal uit steen opgetrokken.

In de damkern werden speciale gaten aangebracht waardoor waterwielen met water gevoed konden worden. Door het feit dat in de meeste Oeraalse bedrijven tientallen waterwielen in bedrijf waren, zodat deze niet allemaal nabij de dam konden worden ingeplant, moest een netwerk van lange houten goten met vierkante of ovale doorsnede worden aangelegd, loodrecht op de dam. Deze vervoerden het water rechtstreeks naar de waterwielen. In de tweede helft van de 18e eeuw werden deze houten kokers in sommige bedrijven vervangen door metalen pijpen.

Naast deze kanalen werd door de dam heen nog een soort veiligheidsklep aangebracht in de vorm van een spuiukoker. Wanneer gedurende de lente de stuwmeer overstroomde bij hoog water of hevige regenval kon hierlangs het

**Maquette met de 19e eeuwse bedrijfsgebouwen van de *Verskh-Isetsky*-gieterij op de stuwdam-overloop met links de hoogoven en rechts ateliers waartussen de aandrijving d.m.v. waterwielen.**

(maquette Museum *Verskh-Isetsk*, foto Guido Deseyn, Evergem)



**Maquette met zicht op stuwdam en -meer van het *Verskh-Isetsy*-bedrijf, waarachter monumentale administratieve gebouwen, werkplaatsen, hoogoven enz. Negentiende eeuwse toestand.**

(maquette Museum *Verskh-Isetsk*, foto Guido Deseyn, Evergem)

te veel aan water worden afgevoerd wat het risico op verwoesting van de dam verminderde.

In de loop van de exploitatie werden de meeste dammen verhoogd en verstevigd. De metaalslakken uit de ovens werden gebruikt als bouw materiaal. Op deze wijze werden twee problemen in één klap opgelost: het opslaan van de afval en het verhogen van de dammuur, waarbij de houten-aarden damkern onaangeroerd bleef. We moeten wachten tot de 20e eeuw vooraleer, in het kader van damreconstructies, sommige oude dammen vervangen werden door betonnen exemplaren.

De constructie van de eigenlijke waterwielen verschilde praktisch niet van deze van Westeuropese bedrijven. Er moet enkel misschien worden gesteld dat in de 18e eeuw in de Oeral voornamelijk houten 5 à 6 Pk tussenslagraderen in gebruik waren. In de 19e eeuw werden deze vervangen door krachtiger houten, nadien metalen exemplaren. In de tweede helft van de 19e eeuw werden in alle bedrijven van de Oeral de waterwielen vervangen door turbines.

De design van de hydrotechnische constructies determineerde volledig de interne bouw en afmetingen van de Oeraalse bedrijven

Immense waterreserves in de stuwmeren, die verschillende tientallen vierkante kilometer besloegen, lieten het toe in elk bedrijf talrijke waterwielen draaiende te houden. De gezamenlijk capaciteit van door waterkracht aangedreven machines in het *Nizhne-Tagilsky*-bedrijf bijvoorbeeld bedroeg 610 Pk in de late 18e eeuw. In diezelfde periode (begin 19e eeuw) beschikten vergelijkbare Britse metaalverwerkende bedrijven over 100 à 150 Pk stoommachines.

Hierbij moet wel worden aangestipt dat de Britse stoommachines het gehele jaar door in bedrijf waren, onafhankelijk van weer of waterpeil in de stuwmeren, daar waar de Oeraalse waterwielen

slechts een welbepaald gedeelte van het jaar konden functioneren.

## MARKTLEIDERSCHAP SPIJTS AANVANKELIJKE TEKORTKOMINGEN

**H**et bestaan van tientallen ovens, slaghamers, walsmolens op een bedrijfssite met een beperkte oppervlakte, maakte het noodzakelijk over de meest rationele inplanting na te denken. De eerste en belangrijkste bekommernis van de bouwers der Oeraalse bedrijven ging naar het optimaal gebruik van de waterkracht. Hoe verder het waterwiel van de dam verwijderd, hoe minder krachtig het was, daarom werden de energieverslindendste machines het dichtst bij de dam ingepland, en de andere verder stroomafwaarts.

Hieronder volgt een traditioneel schema van de ateliers in de 18e eeuw.

Hoogovens en een zaagmolen werden naast de dam gebouwd, in regel langs beide zijden van een goot. Deze locatie had als bijkomend voordeel dat het erts, de brandstof en de toeslagen via een speciale brug van de dam recht in de mond van de ovens kon worden gestort, waardoor het niet meer nodig was speciaal daartoe ontworpen hijssystemen te bouwen. Ook nabij de dam lagen de smelterijen in serie volgens een langgerekte rechthoek, de smalle zijde naar de dam gericht. In geval reeds een hoogoven bestond, werden de smederij ofwel dichtbij, ofwel erachter, verder weg van de dam, ingepland.

Verscheidene minder energieverslindende productie-eenheden werden stroomafwaarts achter de oven en de smederijen gesitueerd: o.a. ateliers voor tin-, draad- en ankerproductie, alsook kleinere smidses.

De voor die tijd enorme hoeveelheid benodigde energie bracht een aantal belangrijke ongemakken met zich mee in de bouw en de werking van de Oeraalse bedrij-

ven. De belangrijkste volgen. De kostprijs en de complexiteit van de te bouwen ateliers, gebouwen en aanverwante constructies verhoogden in belangrijke mate. Hun funderingen stonden in de natte losse grond van het voormalige rivierbed ingepland. Omdat het bouwsite onder de waterspiegel van de stuwstuwmeer lag, resulteerde elke poging om een omvangrijke funderingsleuf uit te diepen in het overspoelen door het grondwater. Daarom werden tienduizenden palen in de grond geheid. De Russische wetenschapper *I.M. Ryabov* poneerde in de jaren 1940: "...er is een levendig voorstellingsvermogen nodig om inzicht te verkrijgen in de grote inspanningen en de immense kosten voor het uitbouwen van een bedrijf, van de hoeveelheid handen en geesten nodig om een dam op te trekken van een vierkante 'versta' lang en 3 à 5 'sazhen' hoog op een bevaarbare rivier, om maar te zwijgen over de voorbereiding van de materialen en over het bouwrijp maken van een site van verschillende 'verstas' lang, het droogleggen van moerassen of het inheien van tienduizenden palen enz."

Desondanks kon dit enorm aantal palen geen normale werk-omstandigheden voor machines verzekeren, en in het bijzonder voor deze met grote dynamische krachten. De Britse hoogovenmeester *Samuel Penn* was bij zijn aankomst in het Oeraalse *Kamsko-Votkinsky*-bedrijf verbaasd over het feit dat "...De machines geen sterke funderingen bezaten zodat hun onderdelen voortdurend herstellingen vereisten. De smederijen zijn geïnstalleerd op een houten raamwerk en dito fundering, van de ene kant van het gebouw naar de andere aan elkaar bevestigd, en met elkaar verbonden op een gemeenschappelijk roosterwerk zonder stevige fundering, waaruit voortvloeit dat ze allemaal bewegen, ook al is slechts één in gebruik. Met als gevolg dat er geen enkele goed kan functioneren".

Nochtans lag de schuld niet bij de bouwers van de ateliers, het was de slechte grond die hen verhinderde stevige funderingen op te trekken.

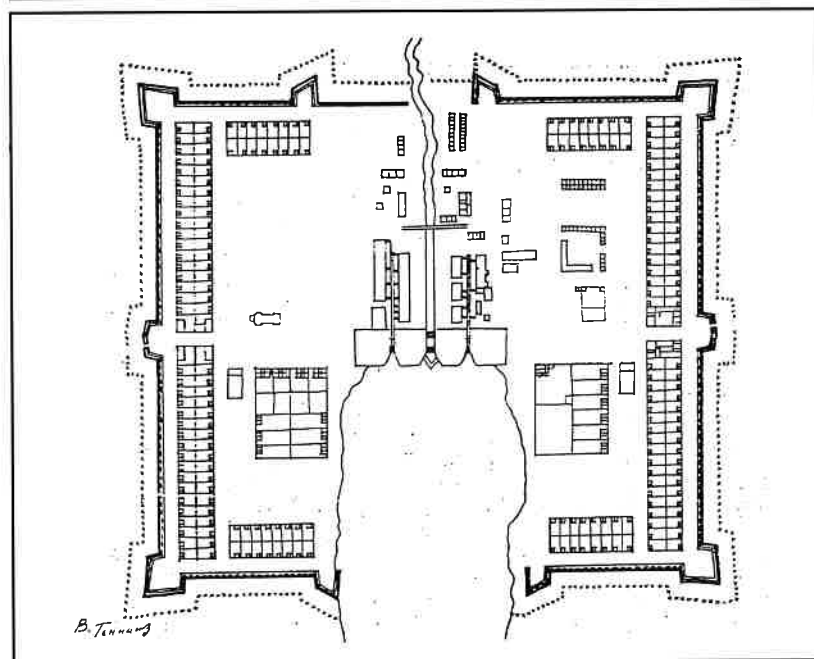
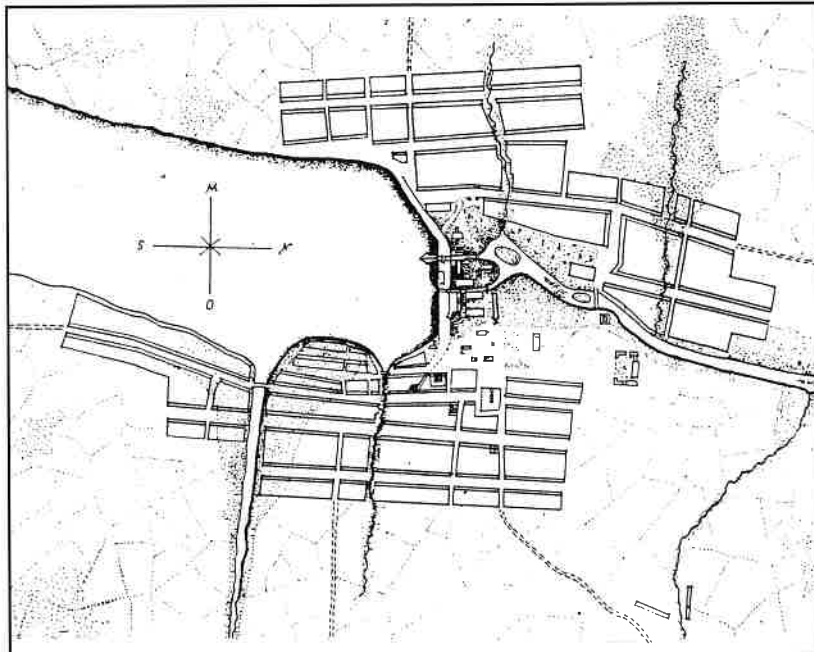
De oriëntatie naar een zo rendabel mogelijk gebruik van de waterkracht bracht met zich mee dat de ligging van enkele ateliers niet altijd met hun plaats in het productieproces overeenstemde. Zo kon een walsenrij nabij een hoogoven zijn ingepland met enkel daarachter de smederijen. Dit bracht nogal wat heen en weer vervoer van de half-afgewerkte produkten met zich mee binnen het bedrijf. Maar deze tekortkomingen mogen geminimaliseerd worden omdat er een overvloed aan goedkope lijfeigenenarbeid bestond.

De hydrotechnische opbouw van de Oeraalse bedrijven oefende niet alleen grote invloed uit op het ontwerpen van de productieketens, maar ook op de planning der omringende nederzettingen. Zoals de Russische architect *L.P. Kholoda* het stelde : "Het ruimtelijk centrum van een Oeraalse industriële stad was de stuwmeer die een functioneel-technologisch onderdeel van een bedrijf was... De inplanting van het bedrijf was een soort 'stop' of 'sluis' op de stuwmeer en bepaalde de uitbouw van de nederzetting. Deze laatste was gesitueerd nabij het bedrijf, de hoofdstraat geörienteerd naar het bedrijf..."

De straten van de oude industriële steden van het Oeralgebied lijken op de spaken van een wiel waarvan het middelpunt het bedrijf was. Deze structuur van de historische kernen van de Oeralsteden is tot op de dag van vandaag grotendeels bewaard gebleven.

## Inplantingsschema van de *Verkhne-Turinsky*-bedrijf, stuwdam en -meer en de arbeidersnederzetting op beide hellingen van de vallei.

(uit : LOMAREVA P.M., *Russische fabriekssteden uit de 18e en 19e eeuw*, Ekaterinburg 1993)



**Grondplan van het versterkte Ekaterinburg met (centraal) stuwmeer- en dam waarachter de werkplaatsen, en aan de binnenzijde van de vierkante omwalling de eerste arbeidershuisvesting, anno 1726.**

(uit : LOMAREVA P.M., *Russische fabriekssteden uit de 18e en 19e eeuw*, Ekaterinburg 1993)

## VOETNOTEN

(1) S.V. USTIANTSEV, *Works-towns in the Urals*, Ekaterinburg 1993 (VIAT-copyright dd. 18.11.1993, vertaling )Gerda Verheeke