



Kalanjiam International Journal of Tamil Studies

களஞ்சியம் - சர்வதேசத் தமிழ் ஆய்விதழ்

Peer-Reviewed | Open Access | Crossref DOI &

Global Indexing | Google Scholar Impact Factor

DOI: <https://doi.org/10.63300/kijts15sp012026.87>

<https://ngmtamil.in/>



பண்டையத் தமிழரின் தொழில்நுட்பத் திறனும் அறிவியல்

மேலாண்மையும்: ஓர் இலக்கிய, தொல்லியல் ஒப்பாய்வு

முனைவர் அ.ரம்யா,

உதவிப் பேராசிரியர்,

தமிழ்த்துறை மங்கையர்க்கரசி மகளிர் கலை மற்றும் அறிவியல் கல்லூரி,

பரவை, மதுரை

ஆய்வுச் சுருக்கம்

பண்டைய தமிழர்களின் வாழ்வியல் முறையானது வெறும் கற்பனை சார்ந்த புனைவுகளாக அன்றி, மிகவும் மேம்பட்ட அறிவியல் தத்துவங்களையும் பொறியியல் மேலாண்மை நுட்பங்களையும் அடிப்படையாகக் கொண்டது என்பதை இக்கட்டுரை விரிவாக ஆராய்கிறது.¹ தமிழ் செவ்வியல் இலக்கியங்களில் பொதிந்துள்ள தொழில்நுட்பப் பதிவுகளையும், கீழடி, கொடுமணல், சிவகளை போன்ற தொல்லியல் தளங்களின் அண்மைக்கால அகழாய்வுத் தரவுகளையும் கொண்டு இக்கட்டுரை கட்டமைக்கப்பட்டுள்ளது.¹ பருத்தி ஆடை உற்பத்திக்கான நூற்புக் கதிர் வட்டுகளின் இயக்கவியல், மண்பாண்ட உருவாக்கத்தில் 1100°C முதல் 1200°C வரையிலான உலை வெப்பநிலை மேலாண்மையின் வழி தற்செயலாக உருவான கார்பன் நானோ குழாய்கள் (CNTs), சுண்ணாம்புச் சாந்தின் வேதியியல் கனிமக் செறிவு, கப்பல் கட்டமைப்பில் மரத் தேர்வும் அரிமானத் தடுப்பு மேலாண்மையும், மற்றும் சிவகளையில் கண்டறியப்பட்ட கி.மு. 3345-ஆம் ஆண்டைச் சார்ந்த ஆதி இரும்புத் தொழில்நுட்பத்தின் தொன்மை ஆகியவை இங்கு ஆழமாக விவாதிக்கப்படுகின்றன.¹ இதன் மூலம் தமிழர்களின் ஆதி உலோகவியல், வேதியியல் மற்றும் பொறியியல் திறன்கள் உலகளாவிய அறிவியல் வரலாற்றுப் பின்னணியில் ஒப்பீடு செய்யப்பட்டு நிலைநிறுத்தப்படுகின்றன.³

முக்கியக் குறியீட்டுச் சொற்கள்: கீழடி, சிவகளை, கொடுமணல், லூட்ஸ் எஃகு, கார்பன் நானோ குழாய்கள், நெசவுத் தொழில்நுட்பம், கம்மியர், தொல்லியல்.¹

1. முன்னுரை

தமிழ் மொழி வளமான இலக்கண, இலக்கியத் தளங்களைக் கொண்ட உலகச் செம்மொழிகளில் ஒன்றாகும்.¹ இரண்டாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு மேற்பட்ட தொடர்ச்சியான இலக்கிய மற்றும் சமூகப் பயன்பாட்டுப் பாரம்பரியத்தைக் கொண்ட தமிழ் மொழியானது தொன்மை, தனித்தன்மை, பொதுமைப்பண்பு, நடுவுநிலைமை, தாய்மைப்பண்பு, பண்பாட்டுக்கலை அறிவுப் பட்டறிவின் வெளிப்பாடு, பிறமொழித் தாக்கமில்லாத் தன்மை, இலக்கிய வளம், உயர் சிந்தனை, கலை இலக்கியத் தனித்தன்மை மற்றும் மொழிக்கோட்பாடு ஆகிய உயரிய தகுதிகளைக் கொண்டு விளங்குகிறது.¹

பண்டைய தமிழர்களின் இலக்கியங்களில் வெறும் அழகியல் விழுமியங்கள் மட்டுமல்லாமல், அவர்களின் அன்றாடத் தேவைகளை நிறைவு செய்வதற்கான அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்பத் திறன்களும் செறிவாகப் பதிவாகியுள்ளன.¹ அறிவியல் வளர்ச்சியாகத் தொழில்நுட்பம் தற்காலத்தில் தனித்து நின்றாலும், பண்டையத் தமிழர்களின் வாழ்க்கை நெறியை விளக்குவதிலும் அவர்களின் உழைப்புத் திறனைப் படம்பிடிப்பதிலும் அறிவியல் கண்ணோட்டம் முக்கியப் பங்கு வகித்துள்ளது.¹ பழந்தமிழர்களின் தொழில்சார் மேலாண்மைத் திறனை தற்காலத் தொல்லியல் சான்றுகளுடன் ஒப்பிட்டு, அவர்களின் அறிவியல் அறிவைப் பகுப்பாய்வு செய்வதே இக்கட்டுரையின் முதன்மை நோக்கமாகும்.¹

2. நெசவுத் தொழில்நுட்பமும் நூற்புக் கதிர் வட்டுகளின் இயக்கவியலும்

நெசவுத் தொழில் என்பது மக்கள் பயன்படுத்தும் அல்லது உடுத்தும் ஆடை, படுக்கை விரிப்புகளான பாய், கம்பளம் மற்றும் சாக்கு போன்ற பயன்பாட்டுப் பொருட்களை உற்பத்தி செய்வதற்கு உதவும் முதன்மைத் தொழில்நுட்பமாகும்.¹ நெசவுத் தொழில் மேலாண்மையில் பருத்தி சாகுபடி, தறிப் பயன்பாடு, நூல் நூற்றல் மற்றும் சாயமிடுதல் போன்ற பல்வேறு நுட்பமான செயல்முறைகள் அடங்கியுள்ளன.¹

2.1 இலக்கியங்களில் நெசவுத் தொழிலின் தொன்மை

சங்க இலக்கியங்களுக்கு முற்பட்ட இலக்கண நூலான தொல்காப்பியத்தில் நெசவு சார்ந்த பழமையான வாழ்வியல் கூறுகள் எடுத்தாளப்பட்டுள்ளன.¹

"கூழை விரித்தல் காதொன்று களைதல் ஊழணி தைவரல் உடைப்பெயர்த் துடுத்தலொடு" (தொல்.நூ.427) ¹

மேற்கண்ட குறிப்பு பழந்தமிழகத்தில் ஆடை உடுத்துதல் மற்றும் நெசவுத் தொழிலின் தொன்மை நிலையை நமக்குத் தெளிவாக உணர்த்துகிறது.¹

2.2 பருத்தி சாகுபடியும் பஞ்சு பதப்படுத்துதலும்

நெசவுத் தொழிலுக்குத் தேவையான அடிப்படை மூலப்பொருள் பருத்தியாகும்.¹ இப்பருத்தி உள்நாட்டிலேயே பெருமளவில் விளைவிக்கப்பட்டதைச் சங்க இலக்கியங்கள் காட்டுகின்றன.¹ பருத்திச் செடிகள் கிராமங்களைச் சுற்றி வேலி போல அடர்ந்து வளர்ந்திருந்த காட்சியைப் பின்வரும் இலக்கிய வரி விவரிக்கிறது¹:

"பருத்தி வேலிச் சீறார்" (4.299:1)¹

மேலும், முல்லை நிலங்களில் பருத்தி பயிரிடப்பட்டு, அவை முற்றி வெடித்தவுடன் அவற்றிலிருந்து பஞ்சைச் சேகரித்து மூட்டைகளில் அடைத்து வீடுகளுக்குக் கொண்டு வந்த செய்தியைப் புறநானூறு குறிப்பிடுகிறது¹:

"கோடைப்பருத்தி வீடுநிறைபெய்த மூடைப் பண்டம்" (புறநானூறு 393)¹

சோழன் குளமுற்றத்துத் துஞ்சிய கிள்ளிவளவனிடம் பரிசு பெற வந்த பாணர்களுக்கு உணவளித்து, பருத்தியை மூட்டைகளில் அடைத்துத் திணித்தளித்த செயலைக் கொடைத் திறனுக்கு உவமையாக நல்லிறையனார் என்ற புலவர் காட்டுகிறார்.¹ மேலும், பருத்திச் செடியிலிருந்து பஞ்செடுத்து நூல் நூற்ற தொழில்நுட்பச் செய்திகள் பின்வரும் பாடலடிகளில் பதிவாகியுள்ளன¹:

"பருத்தி வேலிக் கருப்பை பார்க்கும்" (:324-7)¹

"கோடைப் பருத்தி வீடு நிறையப் பெய்த" (புறம்:393-12)¹

பருத்திப் பஞ்சிலிருந்து விதைகளை (கொட்டைகளை) நீக்குவதற்கு வில் போன்றதொரு கருவியை உழைப்பாளர்கள் பயன்படுத்தியுள்ளனர்.¹ அவ்வாறு வில்லாலடித்துக் கொட்டை நீக்கப்பட்ட பஞ்சானது வெண்மையான மேகம் போலத் தோற்றமளித்ததாக வர்ணனைகள் கூறுகின்றன.¹ பஞ்சின் புறத்தோல், சொத்தைகள் மற்றும் தூசுகளை நீக்கி நன்றாகப் புடைத்துத் தூய்மை செய்த பெண்களைச் சங்க இலக்கியங்கள் "பருத்திப் பெண்டிர்" என்று அழைக்கின்றன.¹ இப்பெண்கள் இரவிலும் விளக்கொளியில் இப்பணியை மேற்கொண்டனர் என்பது ஆடைத் தொழில் நுட்பத்தின் பின்னணியில் உழைப்பு மேலாண்மை எவ்வாறு நிர்வகிக்கப்பட்டது என்பதைக் காட்டுகிறது¹:

"எஃகுறு பஞ்சிற்றாகி" (:247; 3-4)¹

"சிறையும் செற்றையும் புடையுருள் எழுந்த பருத்திப் பெண்டின் சிறுதீ விளக்கத்து" (புறம்:326,4-5)¹

"வில்லெறி பஞ்சி" (:299:7)¹

"பஞ்சி முன்றிற் சிற்றி லாங்கட்" (புறம்:166:5)¹⁰

2.3 நூற்புக் கதிர் வட்டுகளும் உலகளாவிய ஒப்பீடும்

கொடுமணல் போன்ற வரலாற்றுத் தொன்மை வாய்ந்த அகழாய்வுக் களங்களில் நூற்றுக்கணக்கான நூற்புக் கதிர் வட்டுகள் (Spindle Whorls) கண்டறியப்பட்டுள்ளன.³ நூற்புக் கதிர் என்பது நூல் நூற்றலின் போது இழுத்து விடப்படும் இழையைத் திரட்டிச் சுழற்றுவதற்கான ஒரு சிறிய தடியாகும்;

அதன் கீழ் முனையில் பொருத்தப்படும் கணத்த வட்டு 'கதிர் வட்டு' எனப்படுகிறது.¹³ சுழற்சியின் வேகத்தையும் சமநிலையையும் பேண விசைச்சக்கரமாக (Flywheel) இந்த வட்டு செயல்படுகிறது.¹⁴

இயக்கவியல் தத்துவத்தின்படி, கதிர் வட்டின் நிறை (m), ஆரம் (r) மற்றும் அதன் வடிவம் ஆகியவை அதன் நிலைமத் திருப்புத்திறனை (Moment of Inertia) தீர்மானிக்கின்றன¹⁴:

$$I = \int r^2 dm$$

பருத்தி போன்ற மிக மெல்லிய மற்றும் குட்டையான இழைகளை (Short-staple fibers) நூல் நூற்பதற்கு இலகுவான, குறைந்த விட்டம் கொண்ட கதிர் வட்டுகள் தேவைப்படுகின்றன.¹⁴ ஏனெனில், மெல்லிய இழைகளை நூற்கும் போது அதிக நிலைமத் திருப்புத்திறன் கொண்ட கனமான கதிர் வட்டுகளைப் பயன்படுத்தினால், இழைகள் அதன் எடையைத் தாங்க முடியாமல் அறுந்துவிடும்.¹⁴ மாறாக, பிளாக்ஸ் (Flax) அல்லது மகுவே (Maguey) போன்ற கடினமான மற்றும் நீளமான நார்களை நூற்க கனமான கதிர் வட்டுகள் தேவைப்படுகின்றன.¹⁴

அகழாய்வுத் தளம் (நாடு)	காலம்	முதன்மைப் பொருள்	நூற்புத் தொழில்நுட்ப முறை	இழை வகை
கொடுமணல் (தமிழ்நாடு)	கி.மு. 5 -ஆம் நூற்றாண்டு ³	சுடுமண் மற்றும் எலும்பு	கை மற்றும் கதிர் வட்டு நூற்பு	மெல்லிய பருத்தி ³
யாவ்னே ஈஸ்ட் (இஸ்ரேல்)	கி.மு. 5 -ஆம் ஆயிரத்தின் பிற்பாதி	களிமண் மற்றும் சுண்ணாம்புக்கல் ¹¹	தாங்கு-நூற்பு முறை (Supported Spinning) ¹¹	கம்பளி / கடின நார்கள் ¹¹
குருக்லி தேபே (துருக்மெனிஸ்தான்)	சசானியப் பேரரசு காலம்	களிமண் ¹⁴	கை சுழற்சி முறை	பருத்தி இழை ¹⁴
தியோதிஹுவாகன் (மெக்சிகோ)	கி.பி. 8 -ஆம் நூற்றாண்டு	களிமண் மற்றும் கல் ¹⁵	தொங்கு-நூற்பு முறை (Drop)	மகுவே நார்

			Spinning) ¹⁵	மற்றும் பருத்தி ¹⁵
--	--	--	-------------------------	----------------------------------

கொடுமணலில் கண்டறியப்பட்ட உன்னதமான சுடுமண் கதிர் வட்டுகளின் அளவும் எடையும் மிக மெல்லிய பருத்தி இழைகளை மிகத் துல்லியமாக நூற்பதற்கு உகந்தவாறு வடிவமைக்கப்பட்டிருந்தன.³ இத்தகைய சீரான இயக்கவியல் வடிவமைப்பின் மூலமே பழந்தமிழர்கள் ரோமானிய உலகத்தையே வியக்க வைத்த "காற்றை விட மெல்லிய" பருத்தி ஆடைகளை நெய்ய முடிந்தது என்பது தெளிவாகிறது.³

3. பாணைத் தொழில்நுட்பமும் மேம்பட்ட நானோ வேதியியலும்

பாணை வணைதல் என்பது மிக ஆதியான களிமண் பொறியியல் தொழில்நுட்பமாகும்.¹ சங்க காலத்தில் இத்தொழிலில் ஈடுபட்டவர்களை "வேட்கோ", "கலஞ்செய்கோ" என்று அழைத்தனர்.¹ பாணை செய்வதற்குப் பயன்படும் குயவர் சக்கரத்தை இலக்கியங்கள் "திருவை" என்று குறிப்பிடுகின்றன.¹

3.1 கீழடி மண்பாண்டங்களின் நிறமாலையியல் பகுப்பாய்வு

கீழடி அகழாய்வில் கண்டறியப்பட்ட கருப்பு-சிவப்பு நிறப் பாணை ஓடுகள் (Black and Red Ware) பழந்தமிழர்களின் உலை வெப்பநிலை மேலாண்மைக்கும் வேதியியல் வண்ணப் பூச்சு அறிவிற்கும் சான்றாக விளங்குகின்றன.¹ இப்பாணை ஓடுகளை நிறமாலையியல் பகுப்பாய்வு (Spectroscopic Analysis) சோதனைக்கு உட்படுத்திய போது பின்வரும் வேதியியல் கூறுகள் கண்டறியப்பட்டன¹:

- சிவப்பு நிறம்: இரும்பின் தாதுப் பொருளான ஹேமடைட் (Fe_2O_3) பூச்சு மூலம் உருவாக்கப்பட்டது.¹
- கருப்பு நிறம்: கரிமப் பொருளான கரியைக் (Carbonaceous organic matter) கொண்டு உருவாக்கப்பட்டது.¹

இத்தகைய மண்பாண்டங்களைச் சடுவதற்குப் பண்டைய கீழடிக் குயவர்கள் ஏறத்தாழ $1100^{\circ}C$ முதல் $1200^{\circ}C$ வரையிலான மிக உயர்ந்த வெப்பநிலையைத் தங்களின் உலைகளில் பராமரித்துள்ளனர்.¹

3.2 கீழடி கார்பன் நானோ குழாய்களின் (CNTs) வேதியியல் கட்டமைப்பு

உலகப் புகழ்பெற்ற 'நேச்சர் - சயின்டிபிக் ரிப்போர்ட்ஸ்' (Nature - Scientific Reports) ஆய்விதழில் வெளியிடப்பட்ட ஆய்வுக் கட்டுரையின்படி, கீழடி பாணை ஓடுகளின் உட்புறக் கருப்புப் பூச்சில் உலகிலேயே மிகப்பழமையான மனிதனால் உருவாக்கப்பட்ட 'கார்பன் நானோ குழாய்கள்' (Carbon Nanotubes - CNTs) இருப்பது கண்டறியப்பட்டுள்ளது.¹ இப்பாணை ஓடுகள் கி.மு. 6-ஆம் நூற்றாண்டு

முதல் கி.மு. 3-ஆம் நூற்றாண்டு வரையிலான பழமையைக் கொண்டவை என்பதால், உலகில் கண்டறியப்பட்ட நானோ தொழில்நுட்பப் பொருட்களிலேயே இவைதான் மிகவும் பழமையானவை என அறிவியல் அறிஞர்கள் உறுதி செய்துள்ளனர்.²

சுமார் 2600 ஆண்டுகளைக் கடந்தும் இப்பாணை ஓடுகளின் உட்புறப் பூச்சு சிதையாமலும், அதன் மென்மை மற்றும் பளபளப்புத் தன்மை குறையாமலும் இருப்பதற்குக் காரணம் இந்த நானோ குழாய்களின் இருப்புதான்.¹ இக்கார்பன் நானோ குழாய்களின் இழுவிசை தாங்கும் வலிமை (Tensile Strength) அதே அளவிலான எஃகை விட 100 மடங்கு அதிகமாகும்.¹

நுண்ணிய ராமன் நிறமாலையியல் (Confocal Micro-Raman Spectroscopy) சோதனையில் கீழடி பூச்சிலிருந்து பெறப்பட்ட நிறமாலை பின்வரும் சமிக்ஞைகளை வெளிப்படுத்தியது²:

1. குறைபாடுப் பட்டை (D-band): சுமார் 1350 cm^{-1} அலைநீளத்தில் கண்டறியப்பட்டது; இது கார்பன் கட்டமைப்பில் உள்ள ஒழுங்கற்ற தன்மையைக் குறிக்கிறது.⁵
2. கிராஃபைட் பட்டை (G-band): சுமார் 1580 cm^{-1} அலைநீளத்தில் கண்டறியப்பட்டது; இது கிராஃபைட்டிக் கார்பனின் sp^2 பிணைப்புத் தன்மையை உறுதிப்படுத்துகிறது.²
3. 2D-பட்டை (2D-band): சுமார் 2600 cm^{-1} அலைநீளத்தில் கண்டறியப்பட்டது; இது இரண்டு பனான் சிதறல் செயல்முறையைக் காட்டுகிறது.⁵

ஊடுருவு மின்முனை நுண்ணோக்கி (Transmission Electron Microscopy - TEM) பகுப்பாய்வு மூலம் இப்பூச்சில் பின்வரும் இருவேறு நானோ அமைப்புகள் இருப்பது மெய்ப்பிக்கப்பட்டது¹:

- ஒற்றைச் சுவர் கார்பன் நானோ குழாய்கள் (SWCNTs): இவற்றின் சராசரி விட்டம் $0.6 \pm 0.05 \text{ nm}$ ஆகும், இது தத்துவார்த்த ரீதியாகக் கணிக்கப்பட்ட இறுதி எல்லையான 0.4 nm -க்கு மிக நெருக்கமானதாகும்.²
- பல்சுவர் கார்பன் நானோ குழாய்கள் (MWCNTs): இவற்றின் உட்புற விட்டம் $3 \pm 0.15 \text{ nm}$ ஆகவும், சுவர்களுக்கு இடையேயான இடைவெளி 0.34 nm ஆகவும் உள்ளது; இது தூய கிராஃபைட்டின் (002) படிகத்தள இடைவெளிக்குச் சமமாகும்.⁵

3.3 நானோ குழாய்கள் உருவாக்கம்: இயற்கை வினைவேக மாற்றம்

தற்காலத்தில் கார்பன் நானோ குழாய்களை உருவாக்க மிக உயர்ந்த வெப்பநிலையும் (1200°C), இரும்பு, நிக்கல் அல்லது கோபால்ட் போன்ற உலோக வினையூக்கிகளும் (Metal Catalysts) தேவைப்படுகின்றன.¹ பண்டையக் குயவர்கள் இப்பாணைகளைச் சுடும்போது, தாங்கள்

பயன்படுத்திய தாவரக் கூழ் மற்றும் இலைச் சாறுகளிலிருந்து இயற்கையாகக் கிடைத்த கரிமச் சேர்மங்களை வண்ணங்களாகப் பூசியுள்ளனர்.¹

பாளை வளையப் பயன்படுத்திய செம்மண்ணில் இரும்புத் தாதுவும் (Fe), தாவரப் பொருட்களில் கரிமச் சேர்மங்களும் செறிவாக இருந்தன.⁵ இக்கலவையை 1100°C உலை வெப்பநிலையில் சுட்டபோது, செம்மண்ணில் இருந்த இரும்புத் தாது இயற்கை வினைவேக மாற்றியாகச் (Catalyst) செயல்பட்டு, தாவரக் கரிம மூலக்கூறுகளை ஒற்றைச் சுவர் மற்றும் பல்சுவர் நானோ குழாய்களாக மாற்றியுள்ளது.¹ இந்த உன்னத வேதியியல் செயல்முறையை அவர்கள் அனுபவ பூர்வமாக அறிந்து பயன்படுத்தியுள்ளனர்.¹

4. கட்டிடத் தொழில்நுட்பமும் கனிமக் கலவைகளின் வேதியியல் செறிவும்

பழந்தமிழர்கள் தங்களின் கட்டிடக் கட்டமைப்புகளைக் காலநிலைக்கு ஏற்றவாறு இயற்கையோடு இயைந்த வகையில் வடிவமைத்திருந்தனர்.¹ கோடை காலத்தில் தென்றல் காற்று வீசும் திசையறிந்து வீடுகளின் உயர்மாடங்கள் கூரையின்றி திறந்தவெளியாகவும், குளிர்காலத்தில் குளிர்ந்த காற்று உட்புகாதவாறு பலகணிகள் (சன்னல்கள்) அடைத்து வைக்கப்படும் வகையிலும் வடிவமைக்கப்பட்டிருந்தன.¹

அரண்மனை போன்ற பெருங்கட்டிடங்களின் நுழைவாயில்கள் மலையளவு உயர்ந்து, வலிமையான இரட்டைக் கதவுகளுடன், கைப்பிடி, தாழ்ப்பாள் மற்றும் ஐயவி எனப்படும் காவற்கருவிகளுடன் பொருத்தப்பட்டிருந்ததை நெடுநல்வாடை பின்வருமாறு விவரிக்கிறது ¹:

"வானுற நிவந்த மேல்நிலை மருங்கின் வேணிற் பள்ளி தென்வளி தரூஉம் நேர்வாய்க் கட்டளை திரியாது திண்ணிலை பேர்வாய் கதவம் தாழொடு துறப்ப" (நெடுநல்.60-63) ¹

4.1 காலநிலைக்கேற்ற கட்டிட வடிவமைப்பு

பண்டைய வீடுகளில் உட்சுவர்களில் காற்று சீராகப் புழங்குவதற்குப் பல கணிகள் வைக்கப்பட்டிருந்தன.¹ கோடை வெப்பத்தைத் தணிக்கவும், குளிர்காலக் குளிரைத் தாங்கவும் கட்டிடப் பொறியியல் ரீதியாகச் சுவர்களின் தடிமனும், கூரையின் சரிவும் மிகத் துல்லியமாகக் கணக்கிடப்பட்டிருந்தன.¹

4.2 கீழடி கட்டுமானக் கலவைகளின் கனிமப் பகுப்பாய்வு

கீழடி அகழாய்வில் கண்டறியப்பட்ட பண்டைய செங்கற்கள், பிணைப்புக் காரணியான சுண்ணாம்புச் சாந்து, கூரை ஓடுகள் மற்றும் உறைக் கிணற்றின் பூச்சுகள் ஆகியவை வேலூர் தொழில்நுட்பப் பல்கலைக்கழகத்தின் (VIT) ஆய்வகத்தில் வேதியியல் பகுப்பாய்வுக்கு உட்படுத்தப்பட்டன.¹

கட்டுமானப்	சிலிக்கா	சுண்ணாம்பு	இதர	கனிமங்கள்	இயற்பியல் பண்பு
------------	----------	------------	-----	-----------	-----------------

பொருள்	(SiO ₂)	(CaO)	(இரும்பு, அலுமினியம், மெக்னீசியம்)	
செங்கற்கள்	> 1	<	மிதமான செறிவு	அதிக வெப்பக் கடத்தாத்தன்மை ¹
கூரை ஓடுகள்	> 1	<	மிதமான செறிவு	குறைந்த எடை, அதிகத் திண்மை ¹
பிணைப்புக் காரணி	<	> 1	களிமண் துகள்கள்	சீரான பிணைப்புத் தன்மை ¹
சுண்ணாம்புச் சாந்து	Trace	> 97% ¹	மிகக் குறைந்த இரும்புத் தாது	மிக உயர்ந்த இயந்திரவியல் பிணைப்பு வலிமை ¹

சுண்ணாம்புச் சாந்தில் காணப்படும் > 97% மிகத் தூய்மையான சுண்ணாம்புச் செறிவு, பழந்தமிழர்கள் தங்களின் கட்டுமானப் பொருட்களின் தரத்தை மேம்படுத்தப் பயன்படுத்திய வேதியியல் சுத்திகரிப்பு முறையைக் காட்டுகிறது.¹ இதுவே சங்ககாலக் கட்டிடங்கள் மற்றும் உறைக் கிணறுகள் ஆயிரக்கணக்கான ஆண்டுகளைக் கடந்தும் இன்றும் உறுதியோடு நீடித்திருப்பதற்குக் காரணமாகும்.¹

5. கப்பல் கட்டும் தொழில்நுட்பமும் கடல்சார் மேலாண்மையும்

பண்டைய தமிழர்கள் நீர்நிலைகளைக் கடந்து மீன்பிடிப்பதற்கும், பிற்காலத்தில் உலக நாடுகளுடன் கடல்வழி வாணிபம் செய்வதற்கும் பலகட்டங்களாகத் தங்களின் கப்பல் கட்டும் நுட்பத்தை வளர்த்தெடுத்தனர்.¹

5.1 இலக்கியச் சான்றுகளும் கம்மியர் மரபும்

கப்பல் கட்டும் தொழிலில் ஈடுபட்ட வல்லுநர்களைச் சங்க இலக்கியங்கள் "கம்மியர்" என்று குறிப்பிடுகின்றன.¹⁹ மணிமேகலை "கலஞ்செய் கம்மியர் வருகெனக் கூஇய்" என்ற வரியின் மூலம் இவர்களைக் குறிப்பிடுகிறது.⁸ தமிழர்களின் கடல்சார் மேலாண்மைத் திறனை ஆராய்ந்த கடல் வரலாற்று அறிஞர் நரசய்யா தனது 'கடலோடி' நூலில் பின்வருமாறு குறிப்பிடுகிறார்¹⁹:

"தமிழ் இலக்கியங்கள் பலவற்றிலும் கடலும் கலமும் சாதாரணமாய்ப் பிரயோகிக்கப்பட்டிருப்பதிலிருந்து, தமிழர் கடலைத் தமது வாழ்க்கையில் ஒரு பகுதியாக அமைத்துக் கொண்டதை அறிகிறோம்".¹⁹

அகநானூறு, புறநானூறு, குறுந்தொகை போன்ற நூல்களில் தோணி, படகு, சோங்கு, ஓடம், முடுகு, பரிசல் போன்ற எளிய கலங்கள் முதல் வங்கம், நாவாய், அம்பி, திமில், வங்கம், மதலை போன்ற பெருங்கலங்கள் வரை பல்வேறு வகையான கடல் கலங்கள் பட்டியலிடப்பட்டுள்ளன.¹

5.2 கப்பலின் உறுப்புகளும் மரங்கள் தேர்வும்

தமிழர்கள் கப்பலின் உறுப்புகளை மிகத் துல்லியமான நீள, அகல, உயரக் கணக்கீடுகளுடன் வடிவமைத்தனர்.⁸ இக்கணக்கீட்டிற்கு 'தச்சுமுழம்' என்னும் நீட்டளவையைப் பயன்படுத்தினர்.⁸ கப்பலின் முதன்மையான உறுப்புகள் பின்வருமாறு விவரிக்கப்படுகின்றன⁸:

- **எரா (Keel):** கப்பலின் அடிப்பகுதியில் அமைக்கப்படும் முதன்மையான அடிமரம்.⁸
- **பருமல் (Beam):** கப்பலின் குறுக்கே அமைக்கப்படும் குறுக்கு மரம்.⁸
- **வங்கு:** கப்பலின் விலா எலும்பு போன்ற பக்கவாட்டுப் பகுதி.⁸
- **சுக்கான் (Rudder):** கப்பலைச் செலுத்துவதற்கும் உரிய திசையில் திருப்புவதற்கும் பயன்படும் சுழல் கருவி.⁸
- **நங்கூரம் (Anchor):** கப்பலை நிலையாக ஓரிடத்தில் நிறுத்தி வைக்க உதவும் கனமான உறுப்பு.⁸
- **சமுக்கு (Mariners Compass):** திசை அறிவதற்காகப் பயன்படுத்தப்பட்ட காந்த ஊசி கொண்ட கருவி.⁸

மரங்களைத் தேர்ந்தெடுப்பதில் தமிழர்கள் சிறந்த தாவரவியல் அறிவைப் பெற்றிருந்தனர்.⁸ கப்பலின் நீரைத் தொடும் அடிப்பகுதிக்கு நீர் அரிமானத்தைத் தாங்கக்கூடிய வேம்பு, இலுப்பை, புன்னை, நாவல் போன்ற மரங்களையும், பக்கவாட்டுப் பகுதிக்குத் தேக்கு மற்றும் வெண்தேக்கு மரங்களையும் பயன்படுத்தினர்.⁸ சுழிகள் உள்ள மரங்கள் பலவீனமானவை என்பதால் அவை முற்றிலும் தவிர்க்கப்பட்டன.⁸

5.3 அரிமானத் தடுப்பும் வடிவமைப்பு மேலாண்மையும்

கடல் நீரில் கப்பல்கள் நீண்ட காலம் புழங்கும்போது இரும்பு ஆணிகள் துருப்பிடித்து மரத்தைப் பலவீனமாக்கிவிடும்.⁸ இதனைத் தவிர்க்கப் பழந்தமிழர்கள் இரும்பு ஆணிகளைத் தவிர்த்து, மரத்தினால் செய்யப்பட்ட 'தொகுதி' எனப்படும் மர ஆணிகளையே பயன்படுத்தினர்.⁸

மரப் பலகைகளை இணைக்கும் போது அவற்றின் இடையே நீர் கசியாமல் இருக்கத் தேங்காய் நார் மற்றும் பஞ்ச ஆகியவற்றை வைத்து இறுக்கமாக அடித்தனர்.⁸ மேலும், கப்பலின் அடிப்பகுதியை உப்புநீரின் அரிப்பிலிருந்து பாதுகாக்கச் சுண்ணாம்பையும் சணலையும் அரைத்து அதனோடு எண்ணெய் கலந்து பூசினர்.⁸ இத்தகைய பூச்சு மேலாண்மை கப்பலின் ஆயுளைப் பல ஆண்டுகள் நீட்டித்தது.⁸ கடலில் பயணம் செய்யும்போது பாறைகளின் மீது மோதினால் கப்பல் முற்றிலும் சேதமடையாமல் இருக்க, அடிப்பகுதியை எளிதாகக் கழற்றி மாற்றக்கூடிய அடுக்கு அமைப்பாகக் (Double-hull/Decking System) கட்டினர்.²⁴ இத்தகு நுட்பத்தை ஐரோப்பியர்கள் மிகவும் பிற்காலத்திலேயே தமிழர்களிடமிருந்து கற்றுக் கொண்டனர் என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.²⁵

6. இரும்பு உருக்கு மற்றும் உருக்கு எஃகுத் தொழில்நுட்பம்

பண்டைய இந்தியாவில் இரும்புத் தொழில்நுட்பம் மிகவும் தொன்மையான காலத்திலேயே உன்னத நிலையை எட்டியிருந்தது.¹ உலைக்களங்களில் இரும்புத் தாதுக்களை உருக்குவதற்கும், உலைத்தீயை அணையாமல் எரிக்க விலங்குகளின் தோலால் செய்யப்பட்ட "துருத்தி"களைப் பயன்படுத்தியதற்கும் இலக்கியங்களில் வலுவான சான்றுகள் உள்ளன.¹

6.1 சங்க இலக்கியங்களில் உலைக்களப் பதிவுகள்

கொல்லன் உலையில் பழுக்கக் காய்ச்சிய இரும்பைச் சுத்தியலால் அடிக்கும் போது சிதறும் தீப்பொறியை, வேங்கை மரத்தின் காய்களையுடைய மணம் வீசும் மலர்கள் உதிர்வதற்கு உவமையாக அகநானூறு பாடுகிறது ¹:

"இரும்புசெய் கொல் எனத் தோன்றும்" (அகநானூறு.72-6) ¹

மேலும், காலால் இயக்கப்படும் தோல் துருத்தியைப் பற்றிய செய்தி நற்றிணையில் பயின்று வந்துள்ளது ¹:

"ஊதுலைக் குருசின் உள்ளுயிர்த்து அகமும்" (நற்றிணை 125:5) ¹

உலையில் பழுக்கக் காய்ச்சிய இரும்பு உறிஞ்சிய நீரை எவ்வாறு மீட்க முடியாதோ, அதுபோலத் தன் நாட்டை இழந்த மன்னன் தன் ஊரை மீண்டும் மீட்பது அரிய செயல் என்று பாடும் புறநானூற்றுப் பாடல், இரும்பு உருக்கும் உலைகளின் செயல்பாட்டைத் துல்லியமாக விளக்குகிறது ¹:

"கருங்கைக் கொல்லன் செந்தீ மாட்டிய இரும்பு உண் நீரினும், மீட்டற்கு அரிது" (புறநானூறு. 21) ¹

6.2 சிவகளை அகழாய்வும் தமிழக இரும்புக்காலத்தின் புதிய காலவரிசையும்

அண்மைக்காலம் வரை இந்தியாவில் இரும்புத் தொழில்நுட்பம் கி.மு. முதலாம் ஆயிரத்தின் தொடக்கத்தில் (ஏறத்தாழ கி.மு. 1200) அல்லது கி.மு. 1800 காலகட்டத்திலேயே உருவானது என்று கருதப்பட்டது.⁶ ஆனால், தூத்துக்குடி மாவட்டத்தின் தாமிரபரணி நதிக்கரையில் அமைந்த சிவகளை தொல்லியல் தளத்தில் மேற்கொள்ளப்பட்ட அகழாய்வு முடிவுகள் இக்கருத்தை முற்றிலும் மாற்றி, உலக இரும்புக்காலத்தின் காலவரிசையையே மாற்றி எழுதியுள்ளன.⁴

சிவகளை தொல்லியல் களத்தில் மேற்கொள்ளப்பட்ட அகழ்வாராய்ச்சிகளில் ஈமத்தாழிகளுக்குள் skeletal எச்சங்களுடன் ஏராளமான இரும்பு உளிகள், வாள்கள், கத்திகள் கண்டறியப்பட்டன.⁴ இவற்றுடன் கிடைத்த கரி (Charcoal) மாதிரிகளை அமெரிக்காவின் பீட்டா அனலிடிகல் ஆய்வகம் (Beta Analytic, Florida) மற்றும் இந்தியாவின் அகமதாபாத், லக்னோ இயற்பியல் ஆய்வகங்களுக்கு அனுப்பி முடுக்கி நிறை நிறமாலையியல் (AMS-14C) காலக்கணிப்புக்கு உட்படுத்தினர்.⁷

தொல்லியல் தளம் (மாநிலம்)	கண்டறியப்பட்ட காலம்	தொல்லியல் முக்கியத்துவம்	ஆய்வகக் காலக்கணிப்பு முறை
சிவகளை (தமிழ்நாடு)	கி.மு. 3345 (கி.மு. 4- ஆம் ஆயிரத்தின் தொடக்கம்) ⁷	உலகளவில் மிக ஆதியான இரும்பு உருக்குத் தொழில்நுட்பச் சான்று ⁷	AMS (Accelerator Mass Spectrometry) ⁷
ஆதிச்சநல்லூர் (தமிழ்நாடு)	கி.மு. 2500 –	பெருங்கற்கால ஈமத்தாழி இரும்புப் பொருட்கள் ⁴	AMS ரேடியோகார்பன் கணிப்பு ⁶
மயிலாடும்பாரை (தமிழ்நாடு)	கி.மு. 2172 ⁷	தமிழகத்தில் இரும்புக்காலத் தொடக்கக் காலம் ⁶	OSL மற்றும் AMS கதிரியக்கக் கார்பன் ⁷
மல்கார் (உத்தரப் பிரதேசம்)	கி.மு. 1800 ⁹	மத்திய கங்கைச் சமவெளியில் ஆதி இரும்பு உருக்கு ⁹	கதிரியக்கக் கார்பன் கணிப்பு ⁹
அனடோலியா (துருக்கி)	கி.மு. 1200 ²⁹	இரும்பு மற்றும் எஃகு முறையான பயன்பாடு ²⁹	வரலாற்றுத் தொல்லியல் ஒப்பீடு ²⁹

சிவகளையில் கண்டறியப்பட்ட இரும்பு உளியுடன் கூடிய கரி மாதிரிகள் கி.மு. 3345 காலத்தைச் சார்ந்தவை என்பது மெய்ப்பிக்கப்பட்டுள்ளது.⁷ இதன் மூலம், உலகளவில் இரும்பு தொழில்நுட்பம்

முதலில் மத்திய கிழக்கிலோ அல்லது வட இந்தியாவிலோ தோன்றியது என்ற ஒற்றை மையப் பரவலாக்கக் கோட்பாடு (Unicentric Diffusion Theory) தகர்க்கப்பட்டு, தமிழகமே இரும்புத் தொழில்நுட்பத்தின் சுதந்திரமான ஆதி உற்பத்தி மையம் என்பது நிலைநாட்டப்பட்டுள்ளது.⁶

6.3 கொடுமணல் 'வூட்ஸ்' (Wootz) உருக்கு எஃகுத் தயாரிப்பு

பண்டைய தமிழகத்தின் சேர நாட்டைச் சார்ந்த கொடுமணல் தளம், உலகப் புகழ்பெற்ற "வூட்ஸ் எஃகு" (Wootz Steel) தயாரிப்பின் உலகளாவிய தலைநகரமாக விளங்கியது.³ உரோமானியப் பேரரசு தமிழகத்திலிருந்து இவ்வகை உயர்தர எஃகினை அதிக விலை கொடுத்து இறக்குமதி செய்ததை மூத்த பிளினியின் 'இயற்கை வரலாறு' (Historia Naturalis) நூல் உறுதிப்படுத்துகிறது.³

கொடுமணலில் களிமண்ணால் செய்யப்பட்ட கிண்ண வடிவ உலைகளும் (Bowl Furnaces), மூடிய களிமண் மூசைகளும் (Crucibles) கண்டறியப்பட்டுள்ளன.³ வூட்ஸ் எஃகு தயாரிப்பு என்பது மிகவும் கடினமான உலோகவியல் செயல்முறையாகும்³²:

1. மூலப்பொருள் சேர்க்கை: குறைந்த கார்பன் கொண்ட இரும்புத் துகள்களுடன் (Wrought Iron) ஆவாரம் இலைகள், மரப்பட்டைகள் மற்றும் குறிப்பிட்ட தாவரங்களின் துகள்கள் களிமண் மூசையினுள் இடப்பட்டு காற்றுப் புகாதவாறு களிமண் மூடியால் (Luted with clay of wisdom) சீல் வைக்கப்படும்.³²
2. வெப்ப வினை: இக்குடுவைகள் பெரு உலைக்குள் அடுக்கப்பட்டு 1200°C க்கும் அதிகமான வெப்பநிலையில் பல மணி நேரம் தொடர்ந்து எரிக்கப்படும்.³
3. கார்பன் வினையாக்கம்: காற்று புகாத ஆக்சிஜன் குறைந்த இந்தச் சூழலில், தாவரங்கள் சிதைவடைந்து கார்பன் மோனாக்சைடு (CO) வாயுவை உருவாக்குகின்றன.³² இந்த வாயு இரும்பின் மேல் பரப்புடன் வினையாற்றி, இரும்பின் உருகும் நிலையைக் குறைக்கிறது.³² இரும்பு உருகித் திரவ நிலையை அடையும் போது, தாவரக் கரிம அணுக்கள் இரும்பின் படிக்கக் கூடுகளுக்குள் (Iron Matrix) சீராக ஊடுருவி, எஃகாக (Steel) மாறுகின்றன.³

கொடுமணலில் கண்டறியப்பட்ட எஃகு வாள் மற்றும் கத்தி முனைகளை உலோகவியல் ஆய்வுக்கு (Metallographic Analysis) உட்படுத்திய போது, அதில் கோள வடிவ கிராஃபைட் படிமங்கள் (Spheroidal Graphite Phase) சீராக அமைந்திருப்பது கண்டறியப்பட்டது.³ இது எஃகிற்கு மிக உன்னதமான வெட்டுத் திறனையும் உறுதியையும் வழங்கியது.³ மேலும், கத்தியின் வெட்டுமுனையில் துருப்பிடிக்காமல் இருக்க ஒரு மெல்லிய அரிமானத் தடுப்புப் பூச்சும் பூசப்பட்டிருந்ததை தொல்லியல் ஆய்வாளர்கள் கண்டறிந்துள்ளனர்.³

7. முடிவுரை

பண்டைய தமிழர்களின் வாழ்க்கை முறையானது வெறும் இயற்கை சார்ந்த எளிய வாழ்க்கையாக மட்டும் அமையாமல், மிகச் சிறந்த அறிவியல் மற்றும் பொறியியல் நெறிமுறைகளைக் கொண்ட உன்னதத் தொழில்முறைச் சமூகமாக விளங்கியுள்ளது என்பதை இலக்கியத் தரவுகளும் நவீன தொல்லியல் ஆய்வுகளும் ஒருசேர மெய்ப்பிக்கின்றன.¹

- பருத்திப் பஞ்சை வில்லாலடித்துத் தூய்மை செய்து, இயக்கவியல் தத்துவங்களின் அடிப்படையில் கதிர் வட்டுகளைக் கொண்டு நூல் நூற்ற நெசவு மேலாண்மை¹,
- குயவர்களின் உலைகளில் 1200°C வெப்ப மேலாண்மையின் மூலம் தற்செயலாகத் தோன்றி மண்பாண்டங்களுக்கு நிலைத்தன்மையையும் பளபளப்பையும் வழங்கிய கார்பன் நானோ குழாய்களின் வேதியியல் நுட்பம்¹,
- சுண்ணாம்புச் சாந்தில் $> 97\%$ கனிமச் செறிவை உறுதி செய்து கட்டப்பட்ட பல்லாயிரமாண்டுகள் நிலைத்து நிற்கும் கட்டிடப் பொறியியல்¹,
- கடல்நீரின் உப்புத் தன்மையால் ஏற்படும் அரிமானத்தைத் தடுக்க மர ஆணிகளையும், தாவர எண்ணெய் பூச்சுகளையும் பயன்படுத்திய கப்பல் கட்டும் கலை⁸,
- சிவகளையில் கண்டறியப்பட்ட கி.மு. 3345-ஆம் ஆண்டைச் சார்ந்த ஆதி இரும்புத் தொழிலும், உலகையே வியக்க வைத்த கொடுமணலின் லூட்ஸ் எஃகுத் தயாரிப்பும்³

தமிழர்களின் மேம்பட்ட உலோகவியல் மற்றும் வேதியியல் அறிவின் உன்னத வெளிப்பாடுகளாகும்.³ இந்தத் தொழில்நுட்பங்களை மேலும் ஆழமாக ஆராய்ந்து, உலகளாவிய அறிவியல் வரலாற்றில் தமிழர்களின் பங்களிப்பை உரிய முறையில் நிலைநிறுத்துவது தற்காலத் தொல்லியல் மற்றும் வரலாற்றுத் துறையின் தலையாய கடமையாகும்.⁶

8. கலைநூல் பட்டியல் (References)

- [1]. இராசமாணிக்கனார், மா. *தமிழர் நாகரிகமும் பண்பாடும்*. பாரி நிலையம், சென்னை, 1975. ³⁴
- [2]. இராசன், கா. *தொல்லியல் நோக்கில் சங்ககாலம்*. உலகத்தமிழாராய்ச்சி நிறுவனம், சென்னை, 2010. ³⁵
- [3]. தட்சிணாமூர்த்தி, அ. *தமிழர் நாகரிகமும் பண்பாடும்*. யாழ் வெளியீடு, சென்னை, 2005. ³⁸
- [4]. நரசய்யா. *கடலோடி*. அமிழ்தம் பதிப்பகம், சென்னை, 2005. ¹⁹
- [5]. நரசய்யா. *கடல்வழி வணிகம்*. அமிழ்தம் பதிப்பகம், சென்னை, 2010. ³⁹
- [6]. மணவழகன், ஆ. *பழந்தமிழர் தொழில்நுட்பம்*. அய்யனார் பதிப்பகம், சென்னை, 2010. ⁴²